

● مجلة علمية تصدرها مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية ● السنة السادسة ● العدد الحادي والعشرون ● محرم ١٤١٣ هـ /يوليو ١٩٩٢م

الذرة والإشعاع الذري

(الجزء الأول)

● النظائر المشعة
● الوقود النووي
● الحماية من الإشعاع

ISSN 1017 3056

منهاج النشر

أعزاءنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية واستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :

١ ــ يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط ان لا يفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .

٢ ــ ان يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .

٣ ــ في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الاشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال .

٤ ــ أن لا يقل المقال عن أربع صفحات ولا يزيد عن سبع صفحات طباعة .

٥ ــ إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .

٦ ــ إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .

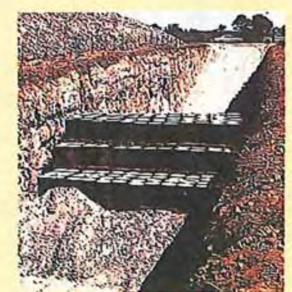
٧ ــ المقالات التي لا تقبل النشر لا تعاد لكتابها .

يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح مابين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

محتويات العدد


الطاقة الإندماجية

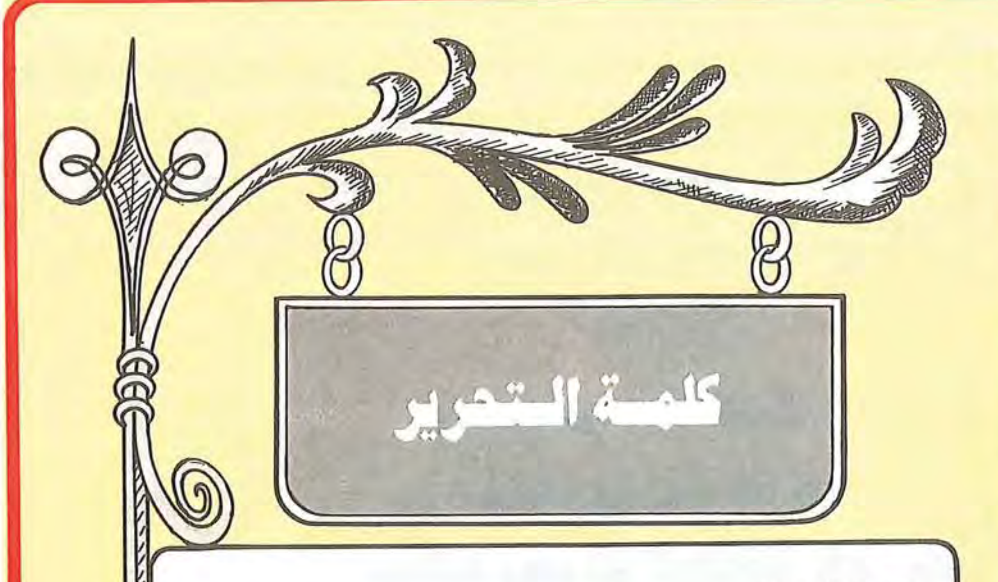

الوقود النووي


النفايات المشعة

المراسلات

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر
ص.ب ٦٠٨٦ ــ الرمز البريدي ١١٤٤٢ ــ الرياض
ترسل المقالات باسم رئيس التحرير ت : ٤٨٨٣٤٤٤ ـ ٤٨٨٣٥٥٥

Journal of Science & Technology
King Abdulaziz City For Science & Technology
Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. - P.O.Box 6086
Riyadh 11442 Saudi Arabia



عزيزي القارىء

بحلول عام ١٤١٣هـ تكون مجلة « العلوم والتقنية » قد أكملت عامها الخامس وتستقبل عامها السادس . ونحن إذ نشعر بالإمتنان على مشاركتكم الفعالة ونقدكم البناء الهادف في سبيل الرقي بها ، نتطلع إلى المزيد من المشاركة حتى تصل المجلة إلى مستوى يرضي طموحاتنا جميعا لا سيما أن أمتنا العربية والإسلامية من أعمدة الفكر والمعرفة ، فقد كنا روادا في العلم والحضارة منذ قرون مضت ، وليس ببعيد أن تعود إلينا مكانتنا الحضارية المرموقة إن نحن شحذنا الهمم وتكاتفنا ، كيف لا وديننا الحنيف يدعو إلى التعاضد والتضامن وفوق هذا وذاك إلى طلب العلم و التفكر في ملكوت السموات والأرض .

نقدم لك عزيزي القارىء في هذا العدد (الحادي والعشرون) والعدد الذي يليه موضوعا نحسب أنه هام ويثير الكثير من التساؤلات والجدل وهو موضوع الذرة والإشعاع الذري .

ويندرج تحت هذا الموضوع الكشف عن الأسرار التي أودعها الخالق في الذرة والطاقة التي تنجم عن انشطارها إلى أكثر من ذرة واحدة أو اندماجها مع ذرة أخرى وكيفية استخدام ذلك سواء كان في الأغراض السلمية أم الحربية .

يتناول العدد الحادي والعشرون التعريف بالذرة و الإختلافات التي تحدث في ذرة كل عنصر من العناصر المختلفة وأثر تلك الإختلافات على مدى استقرار العنصر وهو ما يندرج تحت مسمى « النظائر » ، كما يتناول العدد كذلك موضوعات أخرى مثل الطاقة الإندماجية والإنشطارية ، والنفايات الذرية ، والوقود النووي، والتلوث الإشعاعي، والتلوث الذي يحدثه غاز الرادون في البيئة ، وكيفية الحماية من الإشعاع الذري .

بجانب موضوعات العدد الرئيسة هناك المواضيع الثابتة التي درجت المجلة على تقديمها كمواد متنوعة خفيفة والتي نأمل أن تنال رضاكم واستحسانكم .

نتوق عزيزي القارىء إلى المزيد من المشاركة لنصل بالمجلة إلى ما نصبوا إليه .

والله من وراء القصد .

* * *



معهد بحوث الطاقة الذرية

معهد بحوث الطاقة الذرية
معهد بحوث الطاقة الذرية
معهد بحوث الطاقة الذرية
معهد بحوث الطاقة الذرية

معهد بحوث الطاقة الذرية

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية

إن معهد بحوث الطاقة الذرية هو أحد معاهد البحوث المتخصصة في مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية ، وقد أنشيء في عام ١٤٠٩هـ امتدادا لإدارة الطاقة الذرية في المدينة . ويهدف المعهد إلى إرساء وتطوير العلوم والتقنية النووية واستغلالها في الأغراض السلمية في المملكة العربية السعودية وذلك من خلال برامج وخطط وطنية أعدت لذلك .

ويعمل في المعهد في الوقت الحاضر نخبة من الباحثين السعوديين المتخصصين في مجالات عدة مثل الهندسة والفيزياء النووية والكيمياء الإشعاعية .

مهام المعهد

تتلخص بعض مهام المعهد في ما يلي :-

- تطوير استراتيجيات وبرامج الطاقة الذرية في المملكة العربية السعودية .
- وضع وتطوير خطط البحوث التطبيقية للإستغلال السلمي للطاقة الذرية في المملكة .
- توفير التجهيزات والمختبرات والظروف الملائمة للبحث في مجال العلوم والتقنية النووية والإستخدام السلمي للطاقة الذرية.
- إجراء البحوث في مجال التطبيقات الحيوية للطاقة الذرية مثل الزراعة والصناعة والمياه والطب والتعدين وتحلية المياه بما يحقق ويخدم خطط التنمية .
- إعداد وتأهيل الكوادر البشرية لتنفيذ برامج ومشاريع الخطة الوطنية للطاقة الذرية .
- التعاون مع الجهات ذات العلاقة في مجالات الطاقة الذرية ، على المستويين الوطني والدولي .
- تنظيم الندوات والمؤتمرات العلمية المتعلقة بمجالات العلوم والتقنيات النووية.

الحماية من الإشعاع

حرصت **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** على تشجيع وعدم إعاقة استخدام النظائر والمصادر المشعة في المملكة في قطاعات حيوية عديدة مثل الصناعة والبترول والطب والزراعة ، ولكنها في نفس الوقت أولت حماية المواطن والبيئة من مخاطر الإشعاع اهتماما كبيرا ، ويتجلى ذلك من خلال :-

١ ـ إصدار التعليمات التنظيمية العامة لاستخدام الإشعاعات المؤينة والنظائر المشعة في المملكة . وهي التي تمثل في الوقت الحاضر القواعد التفصيلية المنظمة لاستخدام الإشعاعات المؤينة والنظائر المشعة في المملكة ، ويقوم معهد بحوث الطاقة الذرية في هذا الشأن بإجراء الدراسات الفنية لجميع طلبات الفسوح لتداول المواد المشعة والأجهزة المولدة للإشعاع في المملكة بهدف ضمان حماية الإنسان والبيئة .

٢ ـ تأسيس مختبرات القياس والتحليل الإشعاعي . وهي تتكون من :-

(أ) مختبر التحليل الطيفي لأشعة جاما : ويعنى بالتحليل النوعي والكمي للمواد المشعة الباعثة لأشعة جاما ، كما يستخدم في العديد من المجالات التطبيقية في القياسات الإشعاعية ومن أبرزها :ـ

- القياسات الإشعاعية للكشف عن النويدات المشعة في المواد الغذائية مثل اللحوم والألبان والخضروات .
- القياسات الإشعاعية للكشف عن النويدات المشعة في العينات البيئية مثل الماء والتربة والنبات .
- استخدامات علمية بحثية مختلفة لتحليل عينات المواد نتيجة تشعيعها .

(ب) مختبر أجهزة القياسات المحمولة : ويعني بالمسح الإشعاعي السطحي للكشف عن الملوثات الإشعاعية المختلفة في الأوساط البيئية .

(ج) مختبر العد المنخفض للإشعاعات المؤينة : ويتكون من كواشف حساسة للكشف عن الإشعاعات المؤينة في العينات ذات النشاط المنخفض بعد أن يتم معالجتها كيميائيا .

(د) مختبر قياس الجرعات الإشعاعية باستخدام الكواشف الحرضوئية : ويقوم بالقياس المستمر للجرعات الإشعاعية التي يتعرض لها العاملون في المختبرات الإشعاعية ومراكز البحوث النووية ، بالإضافة إلى المساهمة في قياس المستوى الإشعاعي في الأوساط البيئية.

(هـ) مختبر المعايرة : ويحوي مصادر مشعة تبعث إشعاعات ألفا وبيتا وجاما بطاقات مختلفة تستخدم لمعايرة أجهزة القياس الإشعاعي .

(و) مختبر قياس اليود في الغدة الدرقية : ويشمل نظام متكامل لتقدير كمية ا ليود المشع المترسب في الغدة الدرقية نتيجة تناول أغذية أو استنشاق هواء ملوث بنظائر اليود المشع ، والتي تنطلق عادة إثر تسرب إشعاعي نتيجة حادث نووي .

(ز) مختبر القياسات الإشعاعية المتنقل : وهو عبارة عن وحدة متكاملة للتحليل الكمي والنوعي للنويدات المشعة في البيئة والغذاء ، وتستخدم هذه الوحدة في مواجهة حالات الطوارىء في أي منطقة حيث تشمل هذه الوحدة أجهزة لقياس التلوث الإشعاعي في الماء والهواء والتربة .

(ح) مختبر الكيمياء الإشعاعية : ويعنى بالتحليل الكيفي والكمي للمركبات العضوية وغير العضوية وفصل النظائر .

٣ ـ نظام الرصد والإنذار وتجميع وتحليل المعلومات الإشعاعية ، وتتلخص بعض أهدافه في ما يلي :ـ

(أ) الرصد والقياسات الإشعاعية ا لمستمرة للخلفية الإشعاعية في البيئات المحلية في المملكة .

(ب) الكشف والتبليغ المبكر لأي حالة تلوث في الأوساط البيئية .

(ج) تحديد مسالك وقنوات التعرض الإشعاعي بهدف تقدير كمية الجرعة الإشعاعية والتحكم بالوضع في حالة الطوارىء .

(د) تجميع وتحليل وتبويب المعلومات الإشعاعية في مكونات البيئة المختلفة وبصفة مستمرة .

(هـ) التنسيق والتعاون على المستوى الدولي والإقليمي في مجال الرصد الإشعاعي والإنذار المبكر .

ويشتمل نظام الرصد والإنذار وتجميع وتحليل المعلومات الإشعاعية على ما يلي :ـ

- شبكة الرصد المستمر : وتتكون من عدد من محطات الرصد والقياس المستمر للمستويات الإشعاعية في الأجواء موزعة على مواقع مختلفة في المملكة ، وتتصل جميعها بقاعدة مركزية في المدينة .
- قاعدة المعلومات المركزية : ويتم فيها استقبال المعلومات من محطات الرصد من خلال وحدات نقل المعلومات حيث يتم تخزين وتحليل المعلومات .

البحوث والتطبيقات

انطلاقا من دور وأهداف المعهد في تطوير الإستغلال السلمي للطاقة الذرية في المملكة فإن المعهد يعني في الوقت الحاضر باستخدام التقنيات النووية في مجالات الزراعة والمياه والصناعة ، وذلك بهدف :ـ

١ ـ استحداث طفرات نباتية ذات صفات محسنة ومقاومة عالية للجفاف ، وذلك من خلال دراسة كفاءة امتصاص النبات للماء والعناصر الغذائية باستخدام النظائر المشعة .

٢ ـ تطوير أساليب حفظ وتخزين المحاصيل الغذائية باستخدام تقنيات الإشعاع .

٣ ـ دراسة تأثير الإشعاع على مقاومة بعض النباتات المحلية للإصابة ببعض أمراض المحاصيل .

٤ ـ دراسة المياه الجوفية بهدف تحديد مصادرها وكمياتها واتجاه سريانها ، وذلك باستخدام النظائر المشعة .

٥ ـ تطوير الخواص الضوئية والميكانيكية لبعض المواد المتوفرة والمصنعة محليا وذلك باستخدام تقنيات الإشعاع .

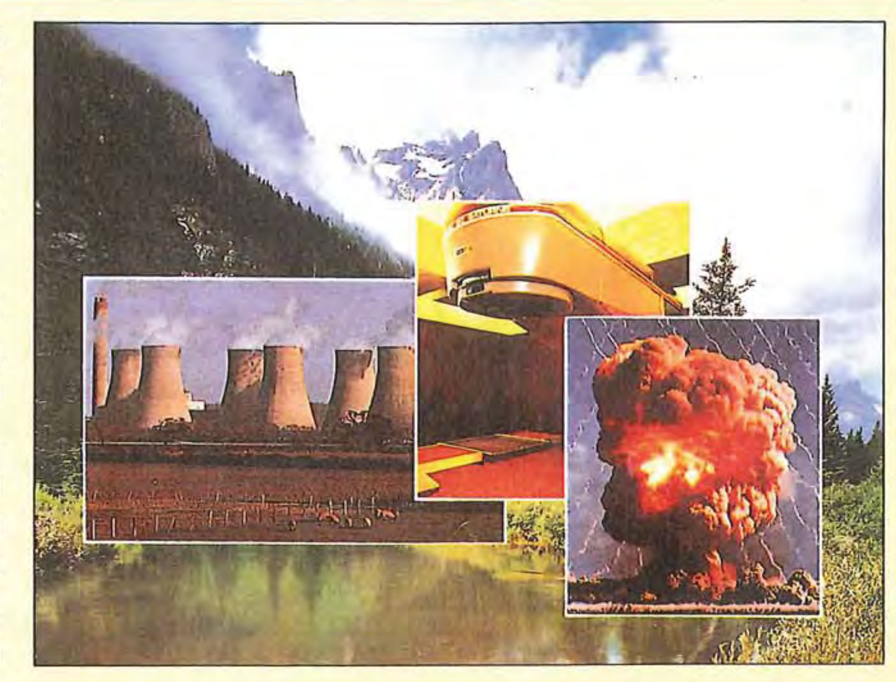
٦ ـ استخدام التصوير الإشعاعي والإختبارات غير الإتلافية لاختبار العينات والمواد والسبائك الصناعية .

وقد قام المعهد بإجراء بعض الدراسات والأبحاث الوطنية الشاملة ، والتي منها على سبيل المثال ما يلي :ـ

(أ) قياس مستوى الإشعاع البيئي في المملكة : ويهدف إلى تحديد وقياس مستوى الإشعاع البيئي الطبعي والصنعي في جميع مناطق المملكة ، والذي يمكن بناءا عليه كشف أي زيادة تطرأ على ذلك المستوى نتيجة تساقط غبار ذري .

(ب) قياس مستوى غاز الرادون في المملكة : والرادون غاز مشع ينتج طبعياً من عدد من التراكيب الصخرية التي تدخل في مكونات مواد البناء، ويهدف هذا المشروع إلى قياس مستوى الغاز في المباني في مختلف مدن المملكة ، وذلك للتأكد من عدم تجاوز تركيزه الحدود المسموح بها واقتراح الحلول المناسبة في حال وجوده بتركيز عال .

(ج) دراسة إدارة النفايات المشعة في المملكة: وهي دراسة جميع أنواع النفايات المشعة في المملكة بهدف تصنيفها واقتراح نظام مناسب لإدارتها ، وتشمل الدراسة مسح شامل للمواد المشعة المستخدمة في المملكة ومن ثم إعداد النظام والقواعد المنظمة لإدارة هذه النفايات من حيث التخزين والنقل والمعالجة ومن ثم التخلص منها .



الذرة والإشعاع الذري

د. محمد فاروق أحمد

النشاط الإشعاعي ظاهرة أبدعها الخالق سبحانه وتعالى منذ خلق هذا الكون ، فالمواد المشعة جزء من هذه الأرض التي عليها نعيش والإشعاعات تعم هذا الكون منذ بدء الخليقة والإنسان ذاته يشع بدرجة ضئيلة ، فجميع أعضائه تحتوي على آثار قليلة من المواد المشعة. إلا أن الإنسان لم يهتد إلى تلك الظاهرة سوى قبل أقل من قرن من الزمان . ففي عام ١٨٩٦م بالتحديد اكتشف الإنسان تلك الظاهرة ، وبعدها بدأت المعلومات تتنامى بشكل سريع حول الذرة ومكوناتها وحول البناء الذري للمادة .

عرفنا أن الذرة كيان صغير للغاية يشبه في تركيبه إلى حد كبير المجموعة الشمسية التي تمثل أرضنا أحد كواكبها، ففي مركز الذرة توجد النواة التي تحمل كتلة الذرة جلها على الرغم من صغرها المتناهي الذي لا يتجاوز جزءا واحدا من ملايين الأجزاء من حجم الذرة ، وتدور حول النواة جسيمات ضئيلة للغاية تسمى الكترونات مثلما تدور الأرض والكواكب الأخرى حول الشمس مركز المجموعة الشمسية .

وقد أودع الخالق سبحانه وتعالى في هذه النواة المتناهية الصغر طاقة هائلة، وعندما بدأ الإنسان في التنقيب عن خصائصها هداه الخالق إلى معرفة بعض أسرارها . وسبحانه جل شأنه فالق الحب والنوى الذي هدانا ومكننا من فلق النواة وشطرها وسخر لنا تلك الطاقة الهائلة التي أودعها فيها . غير أن الإنسان استغل هذه الطاقة أول ما استغلها في التدمير ، حين فجر أول قنبلة نووية عام ١٩٤٥م ، إلا أنه استطاع بعد ذلك أن يستغلها في الخير والتعمير .

فمنذ فجر الستينيات بدأ الإنسان في الإنتفاع بهذه الطاقة في الأوجه الخيرة وأنشأ مفاعلات القوى التي تولد الكهرباء من الطاقة النووية . وسرعان ما انتشر بناء تلك المفاعلات إلى أن أصبح إسهام الطاقة النووية في إنتاج الكهرباء يمثل اليوم ١٧٪ من إجمالي الكهرباء المنتجة عالميا، بل إن هناك دولاً كفرنسا وبلجيكا تصل نسبة استخدام الطاقة النووية في إنتاجها من الكهرباء إلى ٧٠٪ .

ولم يقف الإنسان عند هذا الحد بل تعداه إلى استخدام المعرفة التي يسرها الله له وطوع تلك الإشعاعات والمواد المشعة في أوجه خيرة كثيرة أخرى في جميع مجالات الحياة . ففي الصناعة والتنقيب عن المعادن والثروات الطبعية طوع الإنسان طرائق وتقنيات الإشعاع التي يسرت له أموراً لم تكن متاحة من قبل، وباتت هذه الطرائق من أوسع التقنيات انتشارا في الإنتاج ومراقبته وضبط جودته، بل أوحدها في كثير من الأحيان وأدقها في أحيان أخرى. وفي الزراعة غزت الطرائق والتقنيات القائمة على استخدام الإشعاعات والمواد المشعة كافة مجالاتها من بحوث التربة، وخصائص النباتات، واستنباط أنواع جيدة من المحاصيل، وزيادة الإنتاجية الزراعية، ومقاومة الآفات وحفظ المنتجات الزراعية، ومنع التلف عند التخزين وغيرها كثير . وفي الطب ساهمت الإشعاعات والمواد المشعة بطرائق وحيدة أو بديلة بما توفره من مزايا ودقة في عمليات التشخيص والعلاج والتعقيم وغيرها. وانتشرت تطبيقات الإشعاع في

غالبية دول العالم سواء المتقدمة أم النامية ولم يعد هناك مجال من المجالات إلا وكانت تطبيقات الإشعاعات والطاقة النووية إحدى لبناته .

وسوف يتناول هذا العدد الموضوعات الأساس حول الذرة والنواة والإشعاعات النووية المختلفة، وتأثيراتها في المادة والكائنات الحية ، وأسس الحماية من أخطارها. كمايتضمن العدد بعض المقالات حول الطاقة النووية ومصادرها من مفاعلات انشطارية واندماجية والوقود النووي المستخدم فيها، وكذلك بعض المقالات المتعلقة بالإشعاعات البيئية والتلوث الإشعاعي للبيئة .

وسوف يتناول العدد التالي بمشيئة الله تطبيقات الإشعاعات في المجالات المختلفة، وسوف يجد القارىء الكريم موضوعات تعنى بالمعجلات النووية وبالنظائر المشعة وتطبيقاتها في الزراعة والصناعة والطب وغيرها .

ولا شك أن الإشعاعات النووية تفيد في شتى المجالات اذا أُحسن استخدامها، إلا أنها قد تقتل الإنسان عندما يتعرض لجرعات كبيرة منها ، وقد تحدث تلفا شديدا لأنسجته وأعضائه، وقد تسبب له أنواعا من الأمراض المستعصية، ولأبنائه وأحفاده العديد من العيوب الوراثية . لذلك فإنه ينبغي قبل إجازة استخدام تلك الإشعاعات في التطبيقات المختلفة أن توجه العناية التامة لمعرفة أساليب التعامل الآمن معها وقواعد وقوانين استخدامها وتداول مصادرها .

لقد كان للرعب النووي الذي انطبع في أذهان البشرية بسبب تفجيري هيروشيما ونجازاكي أثره الكبير في تطور الأمان النووي وقواعد التداول والإستخدام الآمن للإشعاعات والمواد المشعة .

وحظيت أمور التلوث والأمان الإشعاعي بعناية لم تحظ بها المخاطر الأخرى الكيميائية والأحيائية وغيرها . وشرعت الدول المتقدمة والمنظمات العالمية المعنية بأمور الأمان النووي العديد من النظم والقواعد التي تكفل استخدام التطبيقات النووية في المجالات المختلفة بدرجة من الأمان تفوق بكثير درجات الأمان المتوفرة في المجالات الأخرى، وتسعى الدول المتقدمة لنشر ثقافة الأمان النووي على أوسع نطاق .

وسوف يواجه القارىء الكريم عند استعراض المقالات ببعض المصطلحات غير المتداولة بالنسبة له، ومعظم هذه المصطلحات ما هي في الحقيقة إلا أسماء أعلام لهؤلاء العلماء الذين أسهمت جهودهم في اكتشاف الكثير من حقائق العلم ، فأطلقت هذه الأسماء على كميات معينة من الطاقة ودخلت كمصطلحات للتعبير عن هذه الكميات . فكلمة **بِيكرِل** (بكسر الباء والراء) التي ترد في كثير من المقالات هي مصطلح يعبر عن شدة النشاط الإشعاعي . **والبيكرل** الواحد هو تفكك نواة واحدة في الثانية وانطلاق إشعاعات معينة من هذا التفكك ، والطاقة التي يحملها الإشعاع هي التي تسبب التلف .

وتسمى كمية الطاقة المودعة في النسيج الحي **بالجرعة** ، تشبيها لها بجرعة الدواء . وعلى الرغم من أن التشبيه غير واقعي إلا أنه دخل كمصطلح في أمور التعرض الإشعاعي سواء كان ناجما عن مصادر مشعة موجودة خارج الجسم البشري ويتعرض ذلك الجسم لإشعاعاتها عن بُعد، أم كان ناجما عن دخول المادة المشعة ذاتها إلى داخل الجسم مع الغذاء والماء والهواء . وتسمى كمية طاقة الإشعاعات التي يمتصها كيلوغرام واحد من النسيج البشري باسم **الجرعة الممتصة** ، وتقاس بوحدات تسمى **بالجراي**، وقد لا تعكس الجرعة الممتصة الأمور بدقة ، لأن كمية الطاقة التي يمتصها كيلوغرام واحد من الجسم من نوع معين من الإشعاعات قد تسبب تلفا أكبر بعشرين مرة من ذلك التلف الناتج عن نفس كمية الطاقة ولكن من نوع آخر من الإشعاعات . لذلك فإنه لتحديد التلف ينبغي أن تكون الجرعة الممتصة موزونة بمعامل يبين عدد مرات ضررها بالنسبة لنفس الجرعة من إشعاعات جاما . وتعرف هذه الجرعة الموزونة باسم **الجرعة المكافئة** وتقاس بوحدة أطلق عليها اسم **سيفرت** (بكسر السين وسكون الراء) .

ولقد اتضح بعد ذلك أن بعض أجزاء الجسم تكون أكثر حساسية للإشعاع بالمقارنة بأجزاء أخرى، وعلى ذلك فقد أعطيت الأعضاء المختلفة من جسم الإنسان نسبا وزنية مختلفة، وعند ضرب الجرعة المكافئة في النسب الوزنية للأعضاء بالنسبة للجسم كله وجمع النتائج لجميع الأعضاء نحصل على ما يعرف باسم **الجرعة الفعالة**، ويعبر عنها أيضا بوحدات **السيفرت** .

ويصف مصطلح الجرعة الفعالة مقدار الضرر الذي يصيب فردا معينا عند التعرض للإشعاع ولذلك يطلق عليه إسم **الجرعة الفعالة الفردية** . وعند جمع **الجرعات الفعالة الفردية** لمجموعة من البشر فإننا نحصل على ما يسمى **بالجرعة الفعالة الجماعية** ويعبر عنها بوحدة جديدة أطلق عليها اسم **فرد.سيفرت** وهي تحدد مدى الضرر الذي وقع على هذه المجموعة .

وهذه المصطلحات وغيرها مما أوردنا قد تبدو معقدة إلا أنها تمكن القارىء من إدراك الصورة والإلمام بأبعادها ونأمل ونحن نقدمها للقارىء الكريم أن تكون عونا له على استيعاب المادة الموجودة بين يديه .

الإشعاعات المؤينة وتفاعلها مع المادة

د. حامد عبد الرازق السويدان

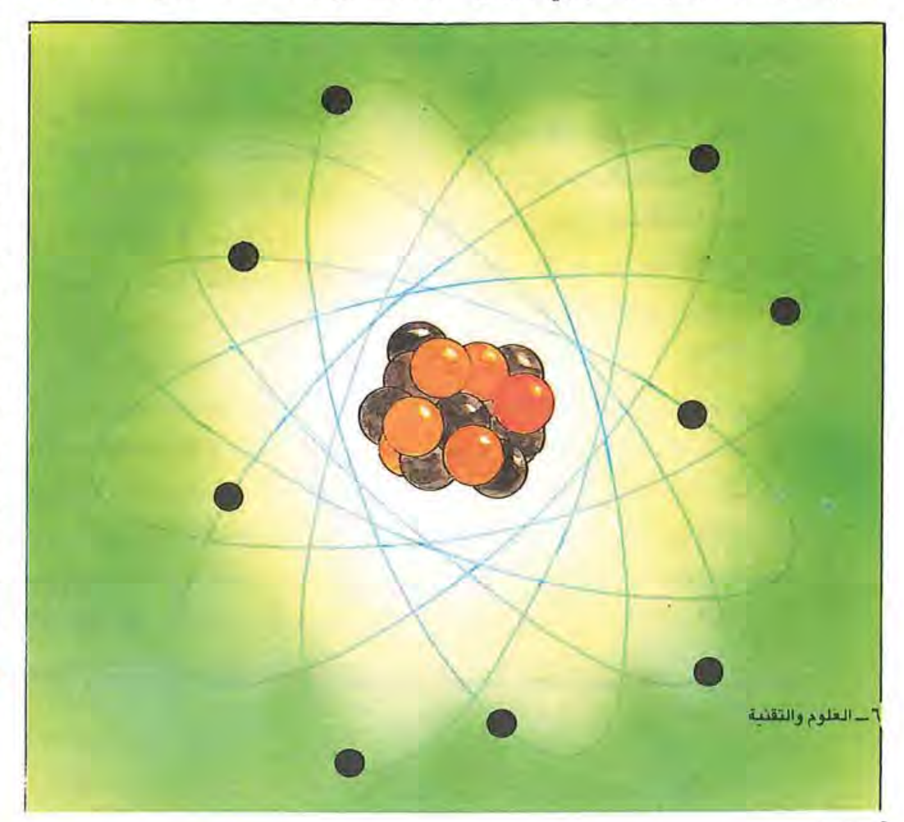
يطلق إسم الإشعاعات المؤينة على جميع الإشعاعات القادرة على تأين الذرات أو الجزيئات التي تتكون منها المادة بما فيها الأنسجة الحية، وتشمل الأشعة السينية وإشعاعات جاما وجسيمات ألفا وبيتا والنيوترونات وغيرها .

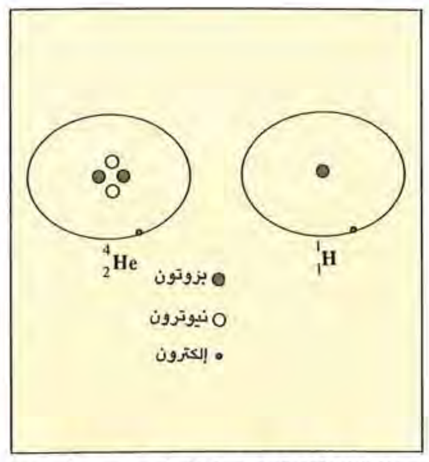
الذرة :
إكتشافها ، تركيبها ، خصائصها

تتكون أية مادة في هذا الكون الذي خلقه الله سبحانه وتعالى من أعداد هائلة من وحدات متناهية في الصغر أطلق عليها اسم الذرة، فالذرة هي إذن أصغر جزء من العنصر يحمل صفاته ويميزه عن العناصر الأخرى الموجودة في الطبيعة. وقد توجد الذرات منفردة أو متحدة مع ذرات نفس العنصر أو متحدة مع ذرات عناصر أخرى مكونة بذلك ما يعرف بالجزيء، وعلى سبيل المثال فإن جزيء الماء يتكون من ذرتين من الهيدروجين وذرة واحدة من الأكسجين، ومنذ أواخر القرن الماضي انكب علماء الفيزياء على دراسة الظواهر المرتبطة بالذرة في محاولات منهم لفهم تركيبها ، ففي عام ١٨٩٧م اكتشف **تومسون** الأشعة المعروفة باسم أشعة الكاثود، وهي عبارة عن جسيمات سالبة الشحنة وكتلتها صغيرة جدا سميت فيما بعد بالإلكترونات، وهي موجودة في كل الذرات، وفي عام ١٩١١م وضع **رذرفورد** أول نموذج بسيط شرح بوساطته تركيب الذرة حيث بيّن أن الشحنة الموجبة للذرة وكذلك كتلتها يجب أن يتمركزا داخل حيز صغير للغاية في مركز الذرة سماه النواة . ثم جاء بعد ذلك **نلز بور** عام ١٩١٣م فاقترح وجود مدارات خاصة تدور فيها الإلكترونات حول النواة، وأوضح أن الالكترونات لا يمكن أن تتواجد إلا في هذه المدارات، وطالما بقي الالكترون في نفس المدار فإنه لا يشع أي طاقة، وعندما تكتسب الذرة كمية معينة من الطاقة ينتقل أحد الكتروناتها من مدار قريب من النواة الى آخر أبعد ، مما يؤدي إلى أن تصبح الذرة في وضع متهيج، وعند انتقال الإلكترون من مدار بعيد إلى مدار آخر أقرب يصاحب ذلك انبعاث طاقة في شكل إشعاع معين تكون طاقته مساوية للفرق بين طاقتي المدارين .

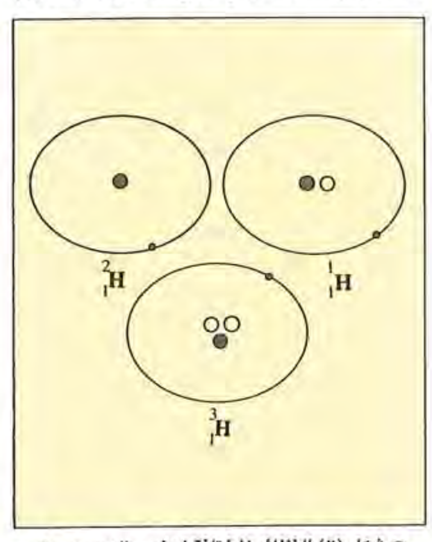
وبتطبيق نظرية الازدواجية والتي مفادها أن الموجات الكهرومغناطيسية يمكن أن تسلك مسلك الجسيمات فإنه يصاحب أي جسيم موجة وبالتالي يسلك الجسيم مسلك الموجة الكهرومغناطيسية على الجسيمات الصغيرة في الذرة ، وبعد اكتشاف **شادويك** عام ١٩٣٢ للنيوترون المتعادل الشحنة كأحد مكونات النواة وبعد تطوير افتراض **نلز بور** بوساطة **سومرفيلد** وبتطبيق النظريات الحديثة المبنية على علم ميكانيكا الكم فإنه يمكن تصور تركيب الذرة كما هو وارد بالشكل (١).مع ملاحظة أن قطر الذرة أكبر من قطر النواة بحوالي مائة ألف مرة .

إن هذا الحجم الضئيل للنواة يتألف من نوعين أساس من الجسيمات هما البروتونات والنيوترونات ، والإستثناء الوحيد لذلك هو نواة ذرة الهيدروجين والتي تحوي بروتونا واحدا فقط، والبروتون له شحنة موجبة مساوية في القيمة لشحنة الإلكترون إلا أن كتلته أكبر بحوالي ١٨٤٠ مرة من كتلة الإلكترون، أما كتلة النيوترون فهي مساوية تقريبا لكتلة البروتون ولكنه متعادل الشحنة ، وهذا يجعل الذرة متعادلة كهربائيا حيث أن عدد البروتونات الموجبة في النواة يتساوى مع عدد الإلكترونات السالبة التي تدور في المدارات .





● شكل (١) شكل تخطيطي لذرتي الهيدروجين والهيليوم.



● شكل (٢) النظائر المختلفة لعنصر الهيدروجين.

تميز النواة عادة بعددها الذري(Z) وعددها الكتلي (A) حيث يمثل الأول عدد البروتونات والثاني مجموع عددي البروتونات والنيوترونات في النواة . ويرمز عادة لذرة (أو نواة) العنصر بالحرف الأول من اسمه اللاتيني أو بحرفين أولهما الحرف الأول من الإسم ثم يكتب العدد الذري على يسار الرمز إلى أسفل والعدد الكتلي على يسار الرمز إلى أعلى . فاليورانيوم الذي يرمز له بالحرف الأول (U) تحتوي نواته على ٩٢ بروتونا وعلى ١٤٦ نيوترونا ويكتب $^{238}_{92}U$

تحتوي نواة ذرة العنصر دائما على نفس العدد من البروتونات ولكنها كثيراً ما تختلف في عدد النيوترونات، وعندئذ يقال إن للعنصر عدة نظائر تتشابه في عددها الذري وتختلف في عددها الكتلي ، وكمثال على ذلك عنصر الهيدروجين الذي يوجد منه ثلاثة نظائر هي الهيدروجين $^{1}_{1}H$ ، والديوتيريوم $^{2}_{1}H$ والتريتيوم $^{3}_{1}H$ ، شكل (٢) .

التفكك الإشعاعي

بعض النظائر الموجودة في الطبيعة غير مستقرة وتتفكك نواها لتكوين نوى اكثر استقرارا ويقال عنها أنها مشعة . وقد صنع الإنسان عددا كبيرا من النظائر المشعة لاستخدامها في الأغراض المختلفة ، وكان **هنري بيكرل** أول من اكتشف النشاط الإشعاعي عام ١٨٩٦م عندما وجد أن أحد خامات اليورانيوم (Z = ٩٢) يعطي إشعاعا غير مرئي يؤثر على الألواح الفوتوغرافية بصورة مشابهة لتأثير الأشعة الضوئية . ونجح بعد ذلك بعامين كل من **ماري وبيير كوري** في فصل عنصرين جديدين مشعين كيميائيا هما البولونيوم (Z = ٨٤) والراديوم (Z = ٨٨). وقد وُجِدَ بعد ذلك أن جميع النظائر التي يتجاوز عددها الذري ٨٢ تكون نشطة إشعاعيا وذلك لأنه عندما يكون العدد الذري كبيرا تصبح قوى التنافر بين البروتونات كبيرة مما يجعل هذه النظائر أقل استقراراً .

إن عملية التحلل الإشعاعي للنواة هي عملية لا يمكن فيها تحديد اللحظة التي تتفكك فيها نواة معينة، لذا تستخدم الطرق الإحصائية لحساب النشاط الإشعاعي، ويبرز هنا مصطلح يعرف بعمر النصف، وهو الزمن اللازم لتفكك نصف عدد النوى في مادة مشعة، فلو كان لدينا في لحظة معينة ١٠٠٠ نواة قابلة للتفكك فإنه بعد مرور عمر نصفي واحد تكون ٥٠٠ نواة قد تفككت وبقيت الخمسمائة الأخرى دون تفكك . وبعد مرور عمر نصفي آخر يتناقص عدد النوى الباقية دون تفكك إلى ٢٥٠ وهكذا .

ويتفاوت العمر النصفي للنظائر المشعة سواء الطبيعية أم الصنعية تفاوتا واسعا، فعمر النصف لليورانيوم ٢٣٨ حوالي ٤,٥ × الف مليون سنة ، أما الراديوم فعمر النصف له ١٦٢٠ سنة فقط ، في حين أن العمر النصفي لليود ١٣١ هو ثمانية أيام، وقد لا يتجاوز العمر النصفي لبعض النظائر جزءا صغيرا من الثانية .

أنواع التفكك الإشعاعي

تتفكك بعض النظائر المشعة الأثقل من الرصاص مصدرة جسيمات ألفا. وتتفكك بعض النظائر الأخرى سواء الأثقل من الرصاص أم الأخف منه مصدرة جسيمات بيتا . وبعد التفكك يمكن أن تكون النواة الوليدة المتكونة في حالة مثارة فتتخلص من إثارتها بإصدار إشعاعات جاما . وهكذا يوجد ثلاثة أنواع من التفكك الإشعاعي هي :-

١ ـ **تفكك ألفا :** في هذه العملية تفقد النواة المشعة $^{A}_{Z}X$ (حيث X رمز النظير) جسيم الفا المكون من بروتونين ونيوترونين وهو عبارة عن نواة ذرة الهليوم .وهذا يعني نقصان العدد الكتلي بمقدار أربع وحدات والعدد الذري بوحدتين وبذلك تكون النواة الناتجة $^{A-4}_{Z-2}Y$ مختلفة تماما عن النواة الأم . فعلى سبيل المثال يتفكك اليورانيوم ٢٣٨ إلى الثوريوم ٢٣٤ وينطلق جسيم الفا كالمعادلة التالية :-

$$^{238}_{92}U \longrightarrow \, ^{234}_{90}Th + \, ^{4}_{2}He$$

٢ ـ **تفكك بيتا :** هو عبارة عن تحول نيوترون إلى بروتون داخل النواة عندما تكون نسبة النيوترونات كبيرة ، أو تحول بروتون إلى نيوترون عندما تكون نسبة البروتونات هي الكبيرة. وبالتالي ينتج عن تفكك بيتا إصدار النواة لجسيم بيتا سالب وهو عبارة عن (الكترون) في الحالة الأولى أو جسيم بيتا موجب (بوزيترون) في الحالة الثانية، وينتج عن هذا التحول زيادة في العدد الذري بمقدار واحد وثبات العدد الكتلي في الحالة الأولى ونقص العدد الذري بمقدار واحد وثبات العدد الكتلي في الحالة الثانية، وتكون النواة الناتجة مختلفة عن النواة الأم .

٣ ـ **اضمحلال جاما :** إشعاعات جاما هي عبارة عن موجات كهرومغناطيسية ذات طاقة عالية. وتصدر اشعاعات جاما إذا

$$^{238}_{92}U \xrightarrow{\text{ألفا}} {}^{234}_{90}Th \xrightarrow{\text{بيتا}} {}^{234}_{91}Pa \xrightarrow{\text{بيتا}} {}^{234}_{92}U \xrightarrow{\text{ألفا}} {}^{230}_{90}Th \xrightarrow{\text{ألفا}} {}^{226}_{88}Ra \xrightarrow{\text{ألفا}} {}^{222}_{86}Rn \xrightarrow{\text{ألفا}} {}^{218}_{84}Po \xrightarrow{\text{ألفا}}$$

$$^{214}_{82}Pb \xrightarrow{\text{بيتا}} {}^{214}_{83}Bi \xrightarrow{\text{بيتا}} {}^{214}_{84}Po \xrightarrow{\text{ألفا}} {}^{210}_{82}Pb \xrightarrow{\text{بيتا}} {}^{210}_{83}Bi \xrightarrow{\text{بيتا}} {}^{210}_{84}Po \xrightarrow{\text{ألفا}} {}^{206}_{82}Pb$$

تكونت النواة الوليدة الناتجة عن تفكك الفا أو تفكك بيتا في حالة مثارة فتفقد النواة إثارتها عن طريق التخلص من الطاقة في شكل اشعاعات جاما . وبذلك فإنه بالنسبة لاضمحلال جاما تكون النواة الوليدة هي نفسها النواة الأم ولكنها أكثر استقراراً ، وتجدر الإشارة إلى أن بعض النظائر المشعة تتفكك إلى نظائر غير مستقرة يكون النظير الناتج مشعا بدوره وبالتالي يتفكك إلى نظير آخر . وهذا يقودنا إلى ما يسمى بالسلاسل الإشعاعية ، وهي أربع سلاسل ثلاث منها طبيعية والرابعة صنعية . تبدأ السلسلة بنظير مشع ثم يتفكك إلى نظير مشع آخر ويتفكك هذا الآخر إلى نظير مشع ثالث إلى أن تنتهي السلسلة بأحد نظائر الرصاص المستقرة .

وكمثال على ذلك فإن سلسلة اليورانيوم راديوم تبدأ باليورانيوم ٢٣٨ وتنتهي الى الرصاص ٢٠٦ مرورا بالراديوم ٢٢٦ كالتفاعل الموضح أعلاه .

تفاعل الإشعاع مع المادة

عند سقوط الإشعاعات المؤينة على المادة يلعب التفاعل المتبادل بين الإشعاع وذرات المادة الدور الرئيس في انتقال الطاقة من الإشعاع للمادة . وفي حالة عدم وجود وسط مادي فإنه لا يكون هناك أي فقدان للطاقة ، أي أن الإشعاع يمكن أن ينتقل مسافة غير محدودة في الفراغ .

يتباين أسلوب التفاعل بين الإشعاعات والمادة باختلاف نوع الإشعاعات وكتلتها والطاقة التي تنطلق بها وكذلك تبعا لاختلاف نوع المادة . ويتم التعبير عن الطاقة في المجالات الذرية والنووية عادة بوحدة صغيرة تدعى الإلكترون فولت ، وهي عبارة عن كمية الطاقة التي يكتسبها أو يفقدها الكترون (أو بروتون) عند اجتيازه فرق جهد مقداره فولت واحد، وهي وحدة صغيرة للغاية تعادل ١,٦ × ١٠-١٩ جول (الجول هو وحدة الطاقة في النظام العالمي للوحدات) .

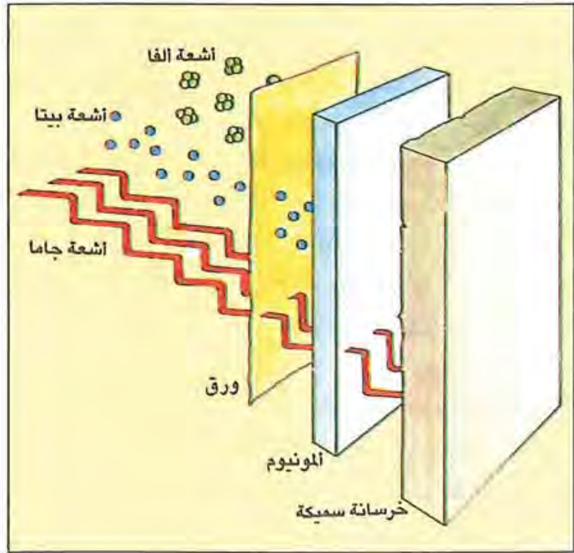
تقسم الاشعاعات المؤينة من حيث أسلوب تفاعلها مع المادة إلى أربع مجموعات هي :-

١ـ الجسيمات المشحونة الثقيلة : تتميز جسيمات ألفا والبروتونات والايونات الموجبة الأخرى بأن لها مدى قصيرا جدا خلال المادة . ويتناسب متوسط المدى (وهو المسافة التي يسيرها الجسيم من نقطة انطلاقه في المادة إلى نقطة توقفه فيها) عكسيا مع كثافة الوسط الذي تنتقل فيه هذه الجسيمات . ويبلغ متوسط مدى جسيمات ألفا بطاقة ٥ ميجا الكترون فولت حوالي ٣,٥ سم في الهواء، ولذلك لا تستطيع جسيمات الفا أن تخترق شريحة رقيقة من الورق أو طبقة الجلد السطحية .

٢ـ جسيمات بيتا : الكتلة الصغيرة والسرعة العالية لجسيمات بيتا تجعل من تفاعلها مع المادة مسألة معقدة، فنظرا لأن كتلة جسيمات بيتا متساوية مع كتلة الإلكترونات في المدارات فإن ذلك يمكن أن يفقد جسيم بيتا نصف طاقته عند تصادمه مع الإلكترون، وهذا يؤدي إلى أن يكون انتقال جسيمات بيتا في المادة عبر مسارات منكسرة . ونظرا لصغر كتلتها وسرعتها الفائقة يكون مدى جسيمات بيتا في الهواء أكثر بحوالي مائة مرة من جسيمات ألفا . وعلى سبيل المثال فإن مدى جسيم بيتا بطاقة ١ ميجا إلكترون فولت في الماء أو في طبقة الجلد البشري حوالي ٤,٠ سم .

٣ـ إشعاعات جاما : لا تحُدِث إشعاعات جاما تأينا مباشرا للمادة نظرا لكونها موجات كهرومغناطيسية . وعند تفاعلها مع المادة فإنها إما أن تمنح كل طاقتها أو جزءاً محدداً منها لأحد الإلكترونات الذي يقوم بعد ذلك بالتأيين . ونظراً لندرة احتمال حدوث هذا النوع من التفاعل مع المادة يكون مدى إشعاعات جاما في المادة عاليا للغاية ويمكن أن تخترق جدارا سمكه يزيد على متر من الخرسانة المسلحة . ويوضح الشكل (٣) قدرة اختراق اشعاعات جاما بالمقارنة مع جسيمات ألفا وبيتا .

هناك ثلاث عمليات لانتقال الطاقة من إشعاعات جاما إلى الوسط الذي تمر فيه بحسب طاقتها ، فالنسبة لإشعاعات جاما في حدود ٧, ميجا الكترون فولت أو أقل تكون العملية الأولى وهي التأثير الكهروضوئي الأكثر أهمية ، وفيها يمنح الفوتون طاقته بالكامل لأحد الكترونات المدارات الداخلية للذرة فيفنى الفوتون وينطلق الالكترون . والعملية الثانية لانتقال الطاقة تسمى تشتت كومبتون ، ويغلب حدوثها للطاقات التي تكون في حدود ١ ميجا الكترون فولت ، حيث يمنح فوتون جاما بعض طاقته لأحد الإلكترونات في المدارات الخارجية . أما العملية الثالثة



● شكل (٣) تمثيل إختراق كل من أشعة ألفا وبيتا وجاما للمادة .

فتحدث عند الطاقات العالية يصبح من الممكن لإشعاعات جاما أن تنتج زوجاً من الإلكترونات والبوزيترونات . ويمكن أن تحدث هذه العملية قرب المجال الكهربائي للنواة عندما تكون طاقة فوتون جاما أكبر من طاقة الكتلة للزوج (أي أكبر من ١,٠٢ ميجا الكترون فولت). ومما يجدر ذكره أن الأشعة السينية (وهي إشعاعات فوق كهرومغناطيسية طاقتها أقل من طاقة اشعاعات جاما) تتفاعل مع المادة من خلال الأثر الكهروضوئي وتشتت كومبتون فقط .

٤ـ النيوترونات : النيوترونات عبارة عن جسيمات غير مشحونة وتسبب تأيناً بطريقة غير مباشرة ، وهي لاتتفاعل مع الإلكترونات وإنما تتفاعل فقط مع النوى، لذا فإن لها قدرة فائقة على اختراق المواد. ويمكن تخفيض سرعة النيوترونات (تهدئتها) بوساطة التشتت المرن على النوى الخفيفة مثل الهيدروجين ، ولذلك يستخدم الماء وشمع البرافين لتهدئتها . وعندما تصبح طاقة النيوترونات أقل من الكترون فولت يصبح احتمال أسر النيوترون وامتصاصه داخل نواة احتمالا كبيرا، وغالبا ما يكون ذلك متبوعا بانبعاث فوتون جاما .

تفاعل الإشعاع مع الخلايا الحية

لاحظ الباحثون بعد فترة وجيزة من اكتشاف **رونتجن** للأشعة السينية عام ١٨٩٥م ظهور كثير من الإصابات الناتجة عن التعرض المباشر لهذه الإشعاعات. تراوحت هذه الإصابات الإشعاعية بين أضرار جلدية مشابهة للحروق وحدوث إصابات سرطانية لعدد غير قليل من المشتغلين بالأشعة السينية مما حدا بالمهتمين إلى إجراء دراسات مستفيضة على الأحياء المختلفة والإنسان لفهم تفاعل الإشعاعات مع النسيج الحي وتحديد الأضرار الناجمة عنها . وتبين من تلك البحوث أن فداحة التأثير الإشعاعي على جسم الإنسان تعتمد على عوامل كثيرة من أهمها نوع الإشعاعات وكثافتها وطاقتها ومدة التعرض لها والعضو المتعرض .

إن الصفة المشتركة لجميع أنواع الإشعاعات عند اختراقها لأي وسط مادي هي قيامها بإثارة أو تأيين ذرات ذلك الوسط . وعندما يكون الوسط نسيجاً حياً فإن الإشعاع المار قد يغير أو يتلف بعض المركبات الأساس للخلية، فيؤدي إلى موتها ، وهذا ما يعرف بآلية التأثير المباشر للإشعاع . وهناك آلية غير مباشرة للتأثير تتلخص في امتصاص جزيئات الماء الموجودة في الخلية للإشعاعات فتتأين وتكون النتيجة النهائية تكوين جُذر فوق أوكسيد الهيدروجين وغيره من الجذر الحرة التي تؤدي الى موت الخلية أو تغير معدل انقسامها أو إحداث تغيرات مستديمة فيها .

وتمر الخلية منذ التعرض للإشعاعات وحتى ظهور أعراضه بعدة مراحل هي :ـ

١ـ المرحلة الفيزيائية : ويتم خلالها تأين محتويات الخلية خلال فترة قصيرة جدا (في حدود 10^{-16} ثانية) . وبما أن الماء هو المكون الرئيس للخلايا فإن هذه المرحلة تنتهي بإنتاج أيون الماء الموجب $(H_2O)^+$ والإلكترون السالب e^- .

٢ـ المرحلة الكيميائية : وتتضمن هذه المرحلة عددا من التفاعلات للأيونات المتحررة مع جزيئات الماء الأخرى في الخلية، وتستمر هذه التفاعلات لعدة ثوان حيث ينتج عنها تكوين ما يسمى بالجُذر الحرة شديدة التفاعل مع الجزيئات المختلفة في الخلية .

٣ـ المرحلة الإحيائية : وهنا يتم ظهور نتائج التأثيرات الكيميائية كحدوث تغيرات مستديمة في الخلية وتعطيل نموها أو ربما موتها ، وقد تمتد هذه العملية من عدة دقائق إلى سنوات كثيرة .

إن المراحل المذكورة آنفا لاتعني بالضرورة أن جميع الخلايا الحية سوف يكون مصيرها التلف أو الموت كنتيجة حتمية لأي تعرض إشعاعي ، فتأثير الجرع الإشعاعية على الأنسجة مرتبط بعدة عوامل فيزيائية وكيميائية وإحيائية ، فمثلا هناك تناسب طردي بين حجم الجرعة الإشعاعية ودرجة الضرر في النسيج الحي. بالإضافة إلى ذلك فقد وجد أن احتمال تجدد الأنسجة يكون أكبر عندما تعطى الجرع الإشعاعية بمقادير صغيرة وعلى فترات متباعدة ، كما أن الأنسجة الحية تتفاوت في مقاومتها للإشعاع المؤين .

تنقسم التأثيرات الناجمة عن الإشعاع إلى تأثيرات ذاتية وتأثيرات وراثية ، فالتأثيرات الذاتية تصيب المتعرض ذاته وهي تنقسم بدورها إلى تأثيرات حادة مبكرة نتيجة التعرض لجرعات إشعاعية كبيرة ، وتأثيرات متأخرة نتيجة للتعرض لجرعات إشعاعية محدودة . وقد تحدث التأثيرات المبكرة خلال فترة تتراوح بين عدة ساعات وعدة أسابيع من وقت التعرض لجرعة كبيرة من الإشعاعات. وتنتج هذه التأثيرات عن تلف خلايا النخاع العظمي أو الخلايا العصبية أو الخلايا المعوية أو الخلايا الجلدية . وأهم أمراض التأثيرات المبكرة المرض الإشعاعي واحمرار الجلد (الاريثيما) وتلف الجهاز العصبي المركزي .

أما التأثيرات المتأخرة فتنتج عن الجرعات الإشعاعية الصغيرة والكبيرة، ومن أهم أمراض الآثار المتأخرة للإشعاع مرض السرطان . ولتقويم احتمال الإصابة بالسرطان تستخدم العلاقة الخطية الطردية بين الجرعة واحتمالية ظهوره .

أما التأثيرات الوراثية للإشعاع فتنتج عن إصابة الأعضاء التناسلية للمتعرض ولا تظهر أعراضها إلا في أبنائه أو أحفاده . ولاتزال هذه التأثيرات أكثر غموضاً مقارنة بالآثار المتأخرة إلا أن بعض الدراسات على أجيال المتعرضين للإشعاع قد أوضحت العلاقة الوثيقة بين التعرض للإشعاع والعديد من الأمراض الوراثية .

من هذا كله يتضح لنا أن الإشعاعات المؤينة سلاح ذو حدين ، فهي مع استعمالاتها الكثيرة لها أيضا أخطار جسيمة على الإنسان. ولذا ينبغي وضع برامج خاصة لزيادة الوعي الإشعاعي لدى الجمهور مع التأكيد على المعنيين بالعناية الشديدة بكل الوسائل التي تؤدي إلى منع أو تقليل التعرض الإشعاعي في المجالات الصناعية والطبية المختلفة .

النظائر المشعة إنتاجها واستخداماتها

د. حلمي معوض سيد أحمد

النظائر هي ذرات تحتوي أنويتها على نفس العدد من البروتونات ولكنها تختلف في عدد النيوترونات التي تحتويها . ويعني ذلك أن العدد الذري للعنصر الواحد لا يتغير في حين يتغير عدده الكتلي . ويوصف العنصر في تلك الحالة بأن له عدة نظائر. وعموما فإن لكل عنصر عددا من النظائر قد يصل الى خمسين نظيرا بالنسبة للعناصر الثقيلة. والنظائر هي ترجمة لكلمة مشتقة من اللغة اليونانية (isotopes) أي نفس الموضع ، ويدل ذلك المعنى على أن النظائر تقع في نفس المكان من الجدول الدوري للعناصر .

ولنظائر العنصر نفس الخواص الكيميائية ، وعادة ما توجد العناصر الكيميائية في الطبيعة على هيئة مخاليط من نظائره المتنوعة . وبعض النظائر لا توجد في الطبيعة بصفة عامة ولكنها تنتج صناعيا باستخدام المفاعلات والمعجلات النووية .

أنواع النظائر

تنقسم النظائر إلى نوعين ، يعرف النوع الأول بالنظائر المستقرة، بينما يعرف النوع الثاني بالنظائر غير المستقرة أو النظائر المشعة . ويبلغ عدد النظائر المستقرة حوالي ٣٠٠ في حين أنه قد تم الإنتاج الصناعي لما يزيد عن ١٥٠٠ نظير مشع حتى الآن ، وهناك ٢١ عنصرا متواجد طبعيا في صورة نقية أي بدون أية نظائر. وتنقسم النظائر المشعة إلى نظائر طبعية موجودة في الطبيعة منذ خلقها الله سبحانه وتعالى وأخرى صناعية تمكن الإنسان من إنتاجها ليستخدمها في الأغراض المختلفة .



إنتاج النظائر المشعة

يتم إنتاج النظائر المشعة المختلفة عن طريق تعريض (أي تشعيع) النظائر المستقرة لسيل من الجسيمات النووية كالنيوترونات أو البروتونات أو الديوترونات* أو جسيمات ألفا أو غيرها. وتستخدم لهذا الغرض المفاعلات النووية أو مولدات النيوترونات كمصدر للنيوترونات في حين تستخدم المعجلات النووية كمصدر للجسيمات المشحونة كالبروتونات والديوترونات وجسيمات ألفا وغيرها . ويتم إنتاج النظائر المشعة بوساطة ما يلي :-

١ - المفاعلات ومولدات النيوترونات

تتكون النظائر المشعة عند التشعيع بالنيوترونات من خلال التفاعل المعروف باسم تفاعل الأسر النيوتروني حيث تأسر النواة المستقرة (النواة الهدف) أحد النيوترونات الساقطة عليها فتتكون نواة النظير الجديد . ومن أمثلة هذا التفاعل أسر نواة الصوديوم ٢٣ المستقر للنيوترون وتكوُّن الصوديوم ٢٤ المشع ، وأسر نواة الفسفور ٣١ المستقر للنيوترون مكونة نواة الفسفور ٣٢ المشع وكذلك أسر نواة الكوبلت ٥٩ المستقرة للنيوترون وتكوُّن الكوبلت ٦٠ المشع .

(*) الديوترون عبارة عن نواة تتكون من بروتون ونيوترون .

ويتم إنتاج عدة مئات من النظائر المشعة المختلفة بالتشعيع النيوتروني لنظائر مستقرة ، ومن أمثلة النظائر المنتجة بهذا الأسلوب الصوديوم ٢٤ والفسفور ٣٢ والكروم ٥١ والكوبلت ٦٠ والبروم ٨٢ والفضة ١١١ واليود ١٢٥ واليود ١٣١ والزئبق ١٩٧ والذهب ١٩٨ وغيرها .

كذلك تستخدم التفاعلات النووية المستحثة بالنيوترونات والتي تنطلق عنها جسيمات مشحونة مثل البروتونات أو جسيمات ألفا أو غيرها في الحصول على العديد من النظائر المشعة . ومن الأمثلة على ذلك تجهيز نظير الصوديوم ٢٤ المشع نتيجة قصف المغنسيوم ٢٤ بالنيوترونات وأسرها وانطلاق البروتون طبقا للتفاعل الآتي :

مغنسيوم ٢٤ + نيوترون ⟵ صوديوم ٢٤ + بروتون

وتنتج عشرات النظائر المشعة باستخدام التفاعلات النووية المستحثة بالنيوترونات والتي ينتج عنها انطلاق جسيمات مشحونة .

وفضلا عن ذلك يستخدم التفاعل الإنشطاري للحصول على عدد من النظائر المشعة . فعند تعريض المواد الإنشطارية أو القابلة للإنشطار للنيوترونات تنشطر المادة الإنشطارية أو القابلة للإنشطار تحت ظروف معينة إلى نواتين جديدتين متوسطتي الكتلة . ويتم إنتاج عدد من النظائر المشعة نتيجة

لانشطـار نوى اليورانيوم والثوريوم بالنيوترونات . ومن أمثلة النظائر المنتجة بهذا الأسلوب الموليبدينيوم ٩٩ والفضة ١١١ وغيرها .

وتعد مفاعلات الأبحاث متوسطة القدرة والتي يتراوح الفيض النيوتروني فيها بين $١٠^{١١}$ و $١٠^{١٤}$ نيوترون / سم٢ . ثانية من أنسب المفاعلات لإنتاج معظم النظائر المشعة من خلال التشعيع النيوتروني . وتعد المفاعلات من نوع البركة السابحة (swimming pool reactors) والمفاعلات المشابهة من أكثر المفاعلات ملاءمة لإنتاج النظائر حيث تتميز تلك المفاعلات بسهولة عمليات إدخال وإخراج العينات الخاضعة للتشعيع وبالتالي سهولة التحكم في زمن التشعيع الذي يعد من العناصر الهامة في عملية إنتاج النظائر . إلا أنه في حالة انتاج النظائر المشعة ذات النشاط النوعي المرتفع اللازمة لعمليات التعقيم والعلاج وبعض الأغراض الصناعية الأخرى فإن الأمر يتطلب وجود مفاعلات يصل فيها الفيض النيوتروني إلى $١٠^{١٥}$ نيوترون / سم٢ . ثانية بل وأكثر من ذلك .

وفي بعض الأحيان تستخدم مولدات النيوترونات بدلا من المفاعلات كمصدر للنيوترونات ، وتعطي المولدات عددا من النيوترونات يصل إلى حوالي $١٠^{١٠}$ ــ $١٠^{١١}$ نيوترون / ثانية . لذا فإنه يمكن استخدام هذه المولدات في تشعيع النظائر المستقرة التي تتميز بمقطع عرضي كبير للتفاعل . ومعنى المقطع العرضي للتفاعل هو احتمال حدوث هذا التفاعل عند سقوط جسيم واحد على نواة هدف واحدة موجودة في وحدة المساحة .

٢ ـ المعجلات

تنتج العديد من النظائر المشعة بقصف النظائر المستقرة بحزمة من الجسيمات المشحونة المسرَّعة في المعجلات النووية لطاقة تتراوح ما بين ١٠ إلى ٤٠ م.أ.ف تبعا لنوع النظير وللمقطع العرضي للتفاعل المعين .

ويعد معجل السيكلوترون متغير الطاقة من أنسب المعجلات لإنتاج أكبر عدد من النظائر المشعة باستخدام عملية قصف النظائر المستقرة بالجسيمات المشحونة . ولزيادة معدل الإنتاج ينبغي أن يتميز المعجل بتيار كبير من الجسيمات المشحونة بحيث يصل إلى حوالي ١٠٠ ميكرو أمبير بل ويزيد وذلك لإمكانية الحصول على النظائر التي تتميز المقاطع العرضية المؤدية لها بقيم صغيرة .

وتجدر الإشارة إلى أنه يمكن إنتاج مئات العينات من نفس النظير أو من النظائر المختلفة في آن واحد داخل المفاعل وذلك بوضع جميع العينات المراد تشعيعها داخل المفاعل في نفس الوقت . إلا أنه بالنسبة للمعجلات لا توجد سوى حزمة واحدة من الجسيمات المعجلة يتم توجيهها للنظير المستقر المطلوب تحضير نظير مشع منه . لذا تعد التكلفة الإقتصادية لإنتاج النظائر على المعجلات كبيرة للغاية بالمقارنة بتكلفة إنتاجها في المفاعلات .

يندر استخدام النظائر المشعة المنتجة على المعجلات إلا في حالات الضرورة كعدم ملاءمة الخصائص النووية للنظير المنتج في المفاعل للدراسة أو عدم إمكانية إنتاج النظير المطلوب في المفاعل أو بُعد المفاعل عن المكان الذي سوف يستخدم فيه النظير المشع خاصة إذا كان النظير من النوع ذي العمر النصفي القصير .

ومن النظائر التي تنتج باستخدام المعجلات الصوديوم ٢٢ والمنجنيز ٥٢ والكوبلت ٥٧ والزنك ٦٥ والجاليوم ٦٧ .

مراحل إنتاج النظائر

تمر عملية إنتاج النظائر بمراحل عديدة . وتعنى المرحلة الأولى بإعداد النظير المستقر المطلوب تشعيعه بحيث يكون على درجة عالية من النقاوة . ويعبأ النظير سواء كان في شكل منفرد أو في شكل مركب كيميائي داخل وعاء التشعيع الذي ينبغي أن يستوفي بعض المتطلبات، ويوفر وصول الجسيمات فيه المساهمة في التفاعل إلى النظير المستقر الموجود داخله .

وتتم بعد ذلك عملية التشعيع سواء في المفاعل أو على المعجل وتستمر لفترات متفاوتة تفاوتا كبيرا تبعا لنوع النظير وللمقطع العرضي للتفاعل وللنشاط الإشعاعي اللازم . وقد تستمر عملية التشعيع لدقائق محدودة كما قد تمتد لعدة أيام بل لعشرات الأيام.

وبعد التشعيع داخل المفاعل أو على المعجل تبدأ مرحلة المعالجات المختلفة للنظير المشع . وتتضمن هذه المرحلة عمليات فصل النظير المشع عن النظير المستقر الذي تبقى بعد التشعيع أو عن النظائر الأخرى التي تتكون كعمليات جانبية . ويتم في نهاية هذه المرحلة الحصول على النظير المشع المطلوب في الصورة الكيميائية المناسبة للإستخدام للغرض المعين وبالنقاوة المطلوبة . وقد يتطلب الأمر إجراء بعض عمليات التعقيم للنظير المشع في الحالات التي يستخدم فيها النظير داخليا للأغراض الطبية . وفي نهاية المرحلة تجري العمليات الخاصة باختبار جودة المنتج وتحديد مدى صلاحيته للإستخدام وتحديد الشدة الإشعاعية النوعية له وتعبئته في العبوات الملائمة ووضعه داخل الدروع الإشعاعية الواقية وغير ذلك من الأعمال الأخرى .

وهكذا فإنه لتنفيذ برنامج متكامل لإنتاج النظائر المشعة يتطلب الأمر توفر قاعدة تقنية تقوم على مفاعل أبحاث متوسط القدرة ومعجل متغير الطاقة للجسيمات المشحونة تصل طاقته إلى حوالي ٣٠ ــ ٤٠ م.إ.ف ويصل تيار حزمة الجسيمات فيه إلى حوالي ١٠٠ ميكروأمبير . وفضلا عن ذلك يتطلب الأمر توفر بعض الوحدات الرئيسة الأخرى التي تعنى بإعداد المادة المطلوب تشعيعها وتنفيذ عمليات الفصل والمعالجات الكيميائية والتنقية وإجراء اختبارات الجودة والصلاحية وإجراء القياسات الإشعاعية وتنفيذ الدروع وغير ذلك من الأعمال المرتبطة بالإنتاج .

استخدامات النظائر المشعة

تستخدم النظائر المشعة في المجالات الصناعية والعلمية والطبية والزراعية . فهي تستخدم في حل مشكلات القياس وفي ضبط جودة الإنتاج الصناعي وتحويل المواد وفي دراسة التفاعلات الكيميائية . كما تشمل مجالات استخدام الإشعاعات النووية والنظائر المشعة نواح أخرى كالكشف عن الجريمة ودراسة البيئة وتحديد أعمار الأثريات .

وفي وقتنا الحالي تستخدم النظائر المشعة في عدة مجالات زراعية تستهدف زيادة الدخل

الـزراعي وتنمية المحـاصيل وحفظها ، وزيـادة إنتاجية الأرض الزراعية واستنباط أنواع جديدة من المحاصيل الزراعيـة المحتوية على نسب أكبر من البروتينـات . وتســاهـم تقنيـات التشعيع باستخدام النظائر المشعة في إنتاج محاصيل لها القـدرة على مقاومـة الآفـات الزراعيـة وتحمل التقلبات الجوية . كما تستخـدم تلك التقنيات في زيـادة إنتـاجيـة اللحـوم والألبـان في الطيـور والحيـوانـات الـداجنـة ، وفي منع وتقليل التلف الناتج عـن تخزين المحاصيل . وتفيـد التقنيات الإشعـاعيـة كـذلـك في تحديـد مصـادر الميـاه الصالحة للري واستخدامهـا بكفاءة عالية ، وفي تحديد كيفية امتصاص النباتات للأسمدة ، مما يساعد على التـوصل إلى أفضل الظروف الملائمة للتنميـة الـزراعيـة . وتضـاف بعض النظـائر المشعـة القـابلة للـذوبـان في الماء إلى السماد ثم يتتبع النشـاط الإشعاعـي لتلك النظائر بعـد أن يمتصهـا النبـات ، وبذلك يمكن تحديـد كميـة السماد الـلازمة للنبـات بـالإضافـة إلى أفضل المواضع التي يوضع فيها تحقيقا لأكبر قدر من الإمتصاص وتقليلاً لتكلفة الإنتاج الزراعي .

وقد ثبت أن تشعيع المواد الغذائية الزراعية يساهم في حفظهـا من التلف ، فإذا تعرضت تلك المنتجـات إلى جـرعات إشعـاعيـة معينـة فإنها تصبح قادرة على البقاء صالحة لمدة أطول دون أن تتسبب في أيـــة أضرار صحيـــة للبشر أو الحيوانـات بعد تناول تلـك الأغذية . ويســاعد التشعيع في حفظ وإطـالة مـدة تخزين البصل والبطـاطس والبقـوليـات والحبوب والفـاكهـة والأسماك واللحوم والدواجن .

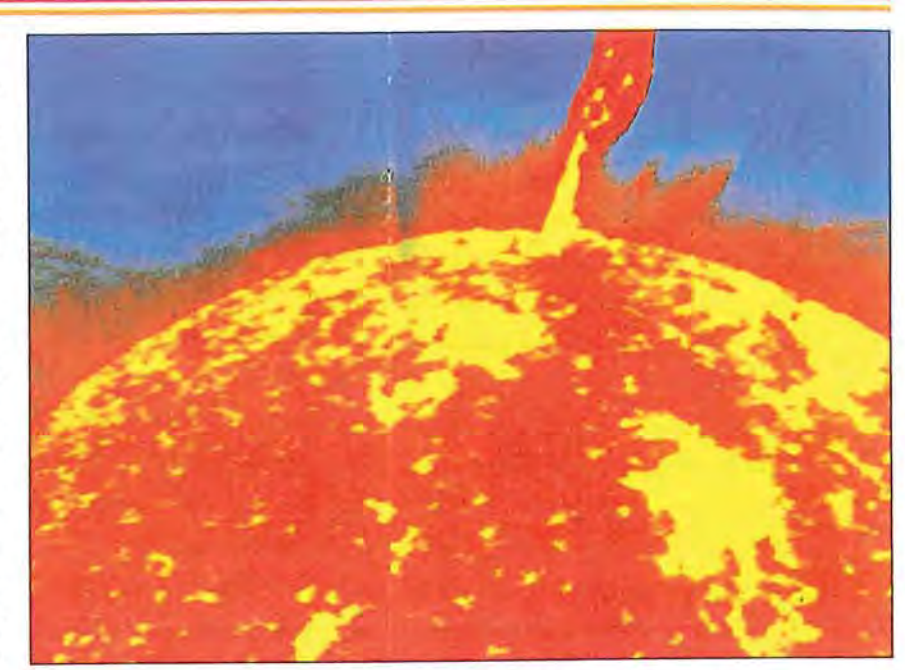
وتتمثل عمليـة استخـدام النظـائر المشعـة لتتبع الأثر في إضافة قدر ضئيل من نظير مشع ثم متابعة طريقة انتشـاره وتوزعه بتتبع أثره . وتستخـدم تلك العملية في العـديد من المجـالات الصنـاعية كـالتهويـة ودراسـة معدل التـدفق والكشف عن تسرب الســوائل والغـازات من خطوطها وخـزاناتها ، وفي تحديد نوعيـة اللحام والكشف عن وجود أية فقاعات غازية بها .

تستخدم الإشعـاعات المنبعثـة من النظائر المشعة في التصوير الإشعاعي بإشعاعات جاما ، التي حلت محل الأشعة السينية حيث يمكن عمل مصدر من الكوبلت أو السيـزيوم المشع لا يزيد حجمـه عن ٢ × ٢ × ٤ سم٣ ، واستخـدامـه بكفـاءة أعلى كثيرا من كفـاءة الأشعـة السينيـة لاختبـار الأنابيب الطـويلـة حيث أصبحت تلك الطريقـة هي المعتمدة لاختبـار أنابيـب خطوط الغاز والـزيت . وبتعريض المطاط لأشعة جـاما فإنه يكتسب خصائص جـديدة ويصبح أفضل مـرونـة وأكثر سهـولـة في عمليـات التشكيل . وتستخدم إشعـاعات جـاما حـاليا في صنـاعة الكـابلات المعـزولـة بالمطـاط وفي لحام شرائح المطـاط مع بعضهـا . ويتميز المطـاط المعـرض لأشعة جاما بمقاومـة أكبر للكهرباء مما أدى إلى صغر سمك عازلات الأسلاك .

وقـد ثبت ان إشعـاعـات جامـا تسـاعـد على إتمام بعض التفاعلات الكيميائية الصناعية مثل تفـاعلات انتـاج الطـلاءات المعـدنية وطـلاءات السيارات وفي إنتاج البـلاستيك وفي المواصفات الخاصة بالأسمنت المسلح لإنتاج مواد شديدة الصـلابـة . وتستخـدم أشعة جـامـا كـذلك في تحسين خـواص الأخشاب وإكسـابها قسـاوة أكبر وقدرة أعظم في مقاومة الخدش والإحتراق . وتستخدم الإشعاعـات في الوقت الحالي أيضا في عمليات اكتشاف آبـار البترول ومناجم الحديد والنحاس والنيكل والرصـاص والزنك والفحم . كما تستخدم النظـائر المشعة حـاليا في تصنيع البطاريات الكهربية عاليـة القدرة وطويلة العمر الذي قـد يصل الى عشرات السنين دون الحاجة لأيـة عمليــات صيـانـة . وأســاس عمل تلك البطاريات هو تحويل الطـاقة الحرارية الناتجة عن تفكك النظير المشع إلى طاقـة كهربية . ولهذا الغرض تستخـدم النظائـر المشعـة ذات العـمر النصفي الطويــل مثــل البلوتـونيــوم ٢٣٨ ، والكـوبلت ٦٠ . وتستخـدم تلك البطـاريـات في الأقمار الصناعية ومحطـات الأرصاد الجوية . وفي الوقت الحالي تستخـدم بطارية لا تـزيد عن ٣٠ جم في الوزن كمصدر تغـذية لجهاز تنظيم ضربات القلب .

وفي المجـالات الطبيـة حـدث تطـور كبير في استخـدام النظــائر المشعـــة في التشخيـــص والعــلاج وتعقيـــم الأدويـة والأدوات الطبيـة ، وتستخـدم في تلك الأغـراض أنـواع معينـة من المعجـلات النـوويـــة كمصـادر للإشعـــاعات المختـلفـة . كما تستخـــدم نظائـر الكوبلت ٦٠ واليـــود ١٣١المشع في عـــلاج بعض الأورام السرطـــانيـة في الغـــدد في الحالات التي لا تقبل الجراحـة أو التي يتكرر نمـوهـا بعد العمليـات الجراحيـة ، كما يستخــدم الفسفـور المشع في علاج سرطان الدم (الليوكيميا) . ونتيجة لتطور إنتـاج النظـائر المشعـــة ذات الأعمار النصفيـة المتنـوعـة فقـد أمكن استخـدام تلك النظـائر في تشخيص العديد من الأمراض الكلوية والغددية وأمراض الأوعية الدموية وكيفية سريان الدم في أنسجـة الجسم وأعضـــائه وفي فحـوص القلب والمخ والجهاز الهضمي والغدد ومدى استجابة المرضى للعلاج بـالنظائر المشعة وأدويـة الغدد واليـود المشع . كما تستخـدم الطرق التحليليـة النوويـة في إجراء العـديد من الفحـوص لقياس الهرمونـات والخمائر والفيروسات والأمصـــال البروتينية في دم الإنسان دون تعريض المريض لأية جرعات اشعاعيـة حيث تؤخذ العينة ثم يتم تحليلهـا في المعامل ، وقـد تم إنتـاج العديـد من اللقـاحـات الـواقيـة من الأمـراض الفيروسيـة والعـــدوى البكتيريـــة والطفيليـة . وتـــؤثـــر الإشعاعات على اللقاحات بتخفيض زمن المرحلة الطفيلية للقاح دون التأثير على قـدرته على توليد المناعة في الحيوانـات المريضة . وهناك محاولات تجري في السنـوات الأخيرة لتشعيـع البعـوض الناقـل لمرض الملاريا لإضعاف الطفيليـات التي يحملها وبالتالي فإن المنـاعة تتولد في الأشخاص الـذين يتعـرضـون إلى لسع حشرات البعـوض حيث أن الطفيليات التي تدخـل في دمائهم تكون في حـالـة ضعيفـة وغير قـادرة على التكـاثـر والتسبب في حدوث المرض .

وفي الـوقت الحالي تستخـدم الإشعـاعـات الصادرة من مصدر كـوبلت ٦٠ لتعقيم الأدوية والعديد من الأدوات والمعدات الطبية مما يسمى بالتعقيم البارد ، حيث أنه مناسب في تعقيم المواد التي تتلف بــالحرارة والبخـار أو التي تتـأثـر بـالغـازات والمواد الكيميـائيـة المستخـدمـة في التعقيم. ولتلك التقنية عدة مميزات تتمثل في قلة التكلفـة ، وإمكـانيـة تغليف الأدوات في غـلاف محكم لا يسمح بـدخـول الهواء والميكـروبـات توطئة لتعريضها للأشعة لتعقيمها مما يزيد من فترة حفظهـــا ، كما أن التعقيم بـالإشعـــاع يتم بطرق آلية بسيطة حيث أن العامل الوحيد في تلك العملية هو زمن التعرض فقط .



الطاقـــة الإندمـاجيـــة

د. إبراهيـم عبد الرحمن العقيل
د. محمد عبد الرؤوف عبد الرشيد

أصبحت الطاقـة من المستلزمـات الضرورية للتطـور الحضاري ، وهي عصب الحياة في النظام الإقتصادي الحديث . وعلى سبيل المثال فإن الإنسان البالغ يحتاج إلى طاقة يومية تتجاوز ١٠٠ وات . ولا يخفي على المرء كذلك أن دول العـالم وشعـوبها تحاول الحصـول على مقـدار متـزايـد من الطـاقـة لاستغلالها من أجل الحصول على مقدار كاف من الطعام لمواطنيها ومن أجل استمرار عجلة التصنيع فيها .

في سبيل المحافظة على مستوى الرفاهية أصبح من الضروري استغـلال مصـادر جديـدة للطاقـة ، حيث أن مصادر الطـاقة الحالية في نقصان مستمـر، بل هناك دلائل كثـيرة تؤكد أن هذه المصـادر فـي طريقها إلى النضـوب ، ومما يزيـد الأمـر تعقيـداً أن مقـدار محتوى الطـاقـة من مصادرهـا المختلفـة الموجـودة حـاليـا والقابـلـة للإستخـدام غير معروف على وجـه الدقـة ، جـدول (١) . ونتيجـة لذلـك فإنـه مـن الصعب تـوقـع محتـوى بـدائل الطـاقـة المستقبلية بدقة لاستخـدامها وقت الحاجة إليهـا ، إضـافـة لـذلك فإن الإحتيـاطي من الطـاقـة المستخـرجـة الآن من الأرض سيتعرض بعد عام ٢٠٠٠م إلى النفاد وذلك لعدة أسباب منها :ـ

١ ـ قلة هـذا النوع من الوقود بـالمقارنة مع معدل استهلاكه .

٢ ـ تـراكم غاز ثـاني أكسيـد الكـربون في الجو والـذي سـوف ينجم عنـه مشـاكل منـاخيـة ، منها على سبيـل المثال ظـاهـرة البيوت المحمية .

٣ ـ انطـلاق الـغـازات الحمضية وغيرهـا والتي تؤدي الى تغيرات مناخية .

ويبدو أنـه لابد من وجود بـدائل أخرى للطـاقـة خلال الـ ٥٠ إلى الـ ١٠٠ سنـة المقبلة . ومن أهم مصـادر الطاقـة الجديدة التي ينبغي تطـويـرهـا الطاقـة الشمسيـة وطـاقة الإنشطـار الـولـود السريع وطاقـة الإندماج النووي .

ومـما يجدر ذكره أن أيـا من مصـادر الطاقـة الثلاثـة المذكورة لم تصـل عمليات التطـوير فيهـا إلى الـدرجـة المرغوب فيهـا بحيث تعد مصـدرا معقولا ومقبولا وقـابلا للإستخدام بيسر وسهولة ، ويحتاج تطوير أي من أنـواع مصادر الطـاقـة السابقـة إلى مبالغ بـاهظة قـد تصل عشرات البلايين من الدولارات . ورغم ذلك فإنه إذا لم يتم تطوير هذه المصادر من الطاقة قبل نضوب مصادر الطاقة الحالية فإن المجتمـع الدولي سيواجه كـوارث وصعوبـــات اجتماعيـة كثيرة . ورغم أن التـوجـه مستمر في الحصـول على خلايا شمسية متطورة وذات فعـالية عالية إلا أنـه لم تحدث طفرة علميـة كبيرة في هـذا المجـال ، وكـذلك تم تطـويـر مفـاعـلات الإنشطار الولود السريع بغية الحصول على طاقـة كبـيرة ولكـن لازال العالـم يواجَـه بكثـير من الصعـوبات والعقبـات التقنيـة والفنيـة لبناء مفـاعلات قـوى نوويـة على نطاق واسـع .

ويعـد الإندمـاج النووي للـديوتيريـوم كمصدر للطاقـة أعظم وأكبر بملايين المرات من مصدر الإنشطـار النووي لكنـه لايزال

م	المصـــدر	الكمية الموجودة عالمياً (جول)
١	الوقود الأحفوري	
	(أ) فحم حجري	$(٢-٤) \times ١٠^{٢٢}$
	(ب) بـترول	$(٢-٧) \times ١٠^{٢١}$
	(جـ) غـاز	$(٢-٦) \times ١٠^{٢١}$
٢	الانشطار النووي	١×١٠^{٢٤}
٣	اندماج نووي للديوتيريم	١×١٠^{٣١}
٤	الشمس (الطاقة الساقطة على الأرض)	$٥,٤ \times ١٠^{٢٤}$ في السنة

● جـدول (١) الطاقـة فـي العالـم ، مصادرهـا وكمياتهـا .

بعيد المنال من الناحية التجارية بسبب الصعوبات التقنية الكثيرة التي لم تحل والتي ما تزال في طور الدراسة .

أساسيات الطاقة النووية

تنقسم النظائر المستقرة حسب العدد الكتلي (atomic mass) إلى ثلاثة مجاميع هي العناصر خفيفة الكتلة ومتوسطة الكتلة وثقيلة الكتلة . وتعد العناصر متوسطة الكتلة هي الأكثر استقرارا ولهذا فإن أنويتها تتطلب مقدارا كبيرا من الطاقة لإعادة تنظيم دقائقها النووية ، ومن جانب آخر فإن شطر نوى العناصر ثقيلة الكتلة إلى عناصر أخف يطلق طاقة تعرف بطاقة الإنشطار النووي ، في حين يتسبب اندماج (التحام) نواتين خفيفتين لتكوين نواة ثقيلة في إطلاق طاقة تعرف بطاقة الإندماج النووي ، ويمكن التعبير عن مبدأ إطلاق طاقة من التفاعلات النووية بالتالي :-

١- تتفاعل النواتان (a) و (b) ذوات الكتلتين (m_a) ، (m_b) على التوالي .

٢- ينتج عن هذا التفاعل تكوين نواتين هما (d) و (e) ذوات الكتلتين (m_d) و (m_e) على التوالي.

٣- إضافة إلى ذلك ينتج عن التفاعل المشار إليه طاقة متحررة هي Q_{ab} وذلك حسب المعادلة التالية :

$$Q_{ab} = [(m_a + m_b) - (m_d + m_e)]\, c^2$$

حيث (c) هي سرعة الضوء.

يوضح الجدول (٢) أمثلة لبعض التفاعلات التي تنجم عنها طاقة وكمية الطاقة المنبعثة عن كل تفاعل .

مصادر وقود الإندماج النووي

تشمل مصادر الوقود الأساس الذي يعد جوهر الإندماج النووي الآتي :

● **الديوتيريوم (D) :** وهو احد نظائر الهيدروجين (H) وعدده الكتلي اثنان وهو نظير مستقر يوجد في الهيدروجين الطبيعي والماء وبعض المركبات الهيدروجينية بمعدل جزء واحد (D) في كل ٦٦٧٠ ذرة هيدروجين ، أي أن الديوتيريوم يشكل واحد إلى ستة الاف جزء من الماء الموجود في المحيطات ، وهذا يعني أن كميته في الماء الموجود على سطح الارض تقدر بحوالي ٥ × ١٠^١٣ طن . وتبلغ الطاقة الاندماجية التي يمكن انتاجها من كل متر مكعب من الماء (ما يعادل ٣٠ جرام D) حوالي ٨ × ١٠^١٢ جول ,وهو ما يكافيء طاقة حرق ١٣٦٠ برميل زيت أو ٢٧٠ طن من الفحم . وبذلك فإنه لو قدر إنتاج الطاقة من الإندماج النووي باستخدام الديوتيريوم الطبعي فإنها قد تكفي لتغطية حاجة دول العالم من الطاقة لأكثر من بليون سنة .

● **التريتيوم (T) :** هو نظير الهيدروجين(H) ويبلغ عدده الكتلي ثلاثة وهو غير مستقر وعمر النصف له ١٢,٣٦ سنة حيث يتحلل ليعطي جسيم بيتا كما أنه يعد نادر الوفرة في الطبيعة حيث يوجد بمقدار ذرة واحدة تريتيوم (T) في كل ١٠^١٨ ذرة هيدروجين ، ويقدر مخزون العالم من التريتيوم الطبعي بحوالي عشرين كيلو جرام. يتطلب إنتاج واحد جيجا وات حراري من مفاعل اندماجي (D - T) الى حوالي ١٤٠ جم من التريتيوم في اليوم ، ومما لاشك فيه فإن هذه الكمية من التريتيوم تعد كمية كبيرة للغاية إذا ما قورنت بكميته الموجودة في الطبيعة ، عليه فهناك ضرورة ملحة لتصنيع التريتيوم بكميات تجارية بغية تشغيل مفاعلات الإندماج النووي المستخدم فيها التريتيوم . ويمكن إنتاج التريتيوم بكميات تجارية كبيرة على نطاق واسع عن طريق تشعيع الليثيوم بالنيوترونات وذلك حسب التفاعلين الموضحين في المعادلتين التاليتين :-

$$^{6}Li + n \longrightarrow {}^{4}He + T + 4.8 \text{ MeV}$$

$$^{7}Li + n \longrightarrow {}^{4}He + T + n + 2.5 \text{ MeV}$$

وهناك عدة طرق كيمائية وفيزيائية لحدوث مثل هذين التفاعلين ومعالجة نواتجهما لإنتاج التريتيوم النقي .

● **الليثيوم (Li) :** ويتكون النوع النقي منه من ٩٢,٥٨٪ ليثيوم ٧ (^{7}Li) و ٦,٤٢٪ ليثيوم ٦ (^{6}Li) وتعد مصادره ضخمة وكثيرة حيث يوجد في الغلاف الجوي بحوالي ٦٥ جزء لكل مليون جزء من وحدات الوزن، ويبلغ تركيزه في ماء البحر بحوالي ٠,١٨ جرام لكل متر مكعب ، وبناءاً على بعض الاحصائيات والتقديرات فان الاحتياطي من الليثيوم في العالم يبلغ ثلاثة اضعاف المخزون من الوقود التقليدي (البترول والفحم) وعليه يمكن إنتاج ملايين الأطنان من الليثيوم كل سنة .

طاقة الإندماج النووي

يوفر اتحاد العناصر الخفيفة مصدرا أساسا وجوهريا للطاقة ، ويعد هذا النوع من التفاعل مصدرا يصعب استنفاذه إضافة إلى كونه مأمونا ومقبولا من قبل المهتمين بالبيئة وحمايتها . ومن أهم التفاعلات المتميزة كمصدر للطاقة تفاعلات الديوتيريوم والتريتيوم (D - T) والديوتيريوم ديوتيريوم (D - D) ، جدول (٢) . ويجب توفر ثلاثة شروط

الاصناف	التفاعل	كمية الطاقة (MeV)
انشطار نووي	$^{235}U + n \longrightarrow n + F_1 + F_2$	١٩٢,٠
اندماج نووي	$D + T \longrightarrow {}^{4}He + n$	١٧,٦
اندماج نووي	$D + D \longrightarrow T + H$	٤,٠
اندماج نووي	$D + D \longrightarrow {}^{3}He + n$	٣,٣
اندماج نووي	$D + {}^{3}He \longrightarrow {}^{4}He + H$	١٨,٣
اندماج نووي	$H + {}^{6}Li \longrightarrow {}^{4}He + {}^{3}He$	١٧,٤
اندماج نووي	$^{3}He + {}^{6}Li \longrightarrow H + 2\,{}^{4}He$	١٦,٩
اندماج نووي	$H + {}^{11}B \longrightarrow 3\,{}^{4}He$	٨,٧

● جدول (٢) بعض التفاعلات النووية .

للحصول على الطاقة بهذه التفاعلات هي :ـ

١ـ تعجيل النوى موجبة الشحنة إلى سرعات عالية بحيث يتم تصادم تلك النوى بالرغم من قوى التنافر بينهما . ويتطلب ذلك وجود طاقة عالية لترفع درجة حرارة التفاعل إلى درجة تتراوح ما بين $١٠^{٨}$ إلى ٥ × $١٠^{٩}$ درجة كلفن* ، ويعادل ذلك طاقة حركة تتراوح ما بين $١٠^{٤}$ إلى ٥ × $١٠^{٥}$ إلكترون فولت . وفي هذه الحالة فإن الوقود الغازي يتحول إلى بلازما عبارة عن الكترونات سالبة وأيونات موجبة منفصلة عن بعضها .

٢ـ يجب أن تكون كثافة البلازما الناتجة في حدود $١٠^{١٥}$ أيون / سم٣ (وهو يمثل تفريغ عال عند درجة حرارة الغرفة).

٣ـ يجب أن يكون زمن الإحتواء (Confinement) للايونات عند هذه الدرجات من الحرارة والكثافة في حدود عُشر الثانية حتى يصبح هناك احتمال كبير للتفاعل، وعموما يجب أن يكون حاصل ضرب كثافة الايونات المندمجة في زمن الاحتواء في حدود $١٠^{١٤}$ ايون ثانية /سم٣.

دورة وقود الإندماج النووي

يتم اختيار الوقود في مفاعلات الاندماج النووي بناء على عاملين أساسين هما :ـ

١ـ درجة اشتعال مثالية وهي أقل درجة حرارة لازمة تتساوى عندها طاقة الفقد نتيجة لإشعاعات الفرملة مع طاقة الإندماج النووي الممتص بوساطة البلازما.

٢ـ طاقة تكثيفية كافية في الوعاء (Cavity) المحتوي على البلازما .

● تفاعل ديوتيريوم ـ تريتيوم (D - T)

يتميز تفاعل (D - T) بأقل درجة حرارة اشتعال ممكنة وتساوي خمسة آلاف الكترون فولت (5 KeV) وأعلى معامل لكثافة قدرة الاندماج النووي . ولهذه الأسباب يعد هذا التفاعل اول جيل للوقود المستخدم في مفاعلات الإندماج النووي . وتوضح المعادلة التالية هذا التفاعل والطاقة الناجمة عنه .

* درجة كلفن = درجة مئوية + ٢٧٣

$$D + T \longrightarrow {}^{4}He\ (3.5MeV) + n(14.1MeV)$$

ويعد نظير الديوتيريوم المشترك في هذا التفاعل من النظائر المتوفرة وغير باهظة الثمن، في حين يعد عنصر التريتيوم (T) نادر الوجود، إضافة إلى أنه عنصر مشع وينبغي تصنيعه . وتتضمن نواتج الإحتراق (الرماد) في هذا التفاعل جسيمات ألفا (ذرات الهيليوم) والنيوترونات . تبلغ نسبة طاقة الإندماج النووي المحمولة بوساطة النيوترونات وإشعاعات الفرملة ٨٠٪ ، أما النسبة الباقية (٢٠٪) من الطاقة فتكون جاهزة لتسخين واستمرارية تشغيل الإندماج النووي .وتؤدي النيوترونات الهاربة بطاقة مقدارها ١٤,١ مليون الكترون فولت (14.1 MeV) إلى حدوث مصاعب كثيرة للمفاعل حيث أنها تتسبب في تلف الجدار الأول المحيط بمنطقة التفاعل .

● تفاعل ديوتيريوم ـ ديوتيريوم (D-D)

يحدث هذا التفاعل بأسلوبين مختلفين هما التفاعل الاول والثاني الممثلان بالمعادلات أدناه، إضافة لذلك فهناك احتمال حدوث أي من التفاعلين بنسبة ٥٠٪ . وينجم عن تكوُّن التريتيوم (T) والهيليوم (^{3}He) الناتجين عن التفاعلين المذكورين اتحاد نووي ثالث ورابع حسب المعادلات أدناه والتي توضح كذلك الطاقة الناجمة عن كل تفاعل على حدة .

$$D + D \longrightarrow {}^{3}He + n + 3.27\ MeV$$
$$D + D \longrightarrow T + H + 4.03\ MeV$$
$$D + T \longrightarrow {}^{4}He + n + 17.60\ MeV$$
$$D + {}^{3}He \longrightarrow {}^{4}He + H + 18.30\ MeV$$

$$6D \longrightarrow 2n + {}^{2}H + 2\,{}^{4}He + 43.20\ MeV$$

ومن الواضح أن الديوتيريوم موجود بكميات كبيرة ويمكن توفره بتكلفة اقتصادية قليلة. تبلغ درجة حرارة الإشتعال لمثل هذا التفاعل في العادة أكثر من ٥٠ كيلو الكترون فولت (50 KeV) ، كما يبلغ معدل الطاقة الناتجة عن كل ديوتيريوم مستهلك في حدود ٧,٢ مليون الكترون فولت(7.2 MeV) ، وتشمل البقايا الناتجة عن هذا التفاعل بروتونين ونيوترونين واثنين من جسيمات الفا ، أما الطاقة الناتجة المحمولة بوساطة الايونات والتي يمكن استخدامها من اجل تسخين البلازما فتساوي حوالي ٥٧٪ من الطاقة المنتجة . ومما يجدر ذكره أن تلف الجدار الأول المحيط بالتفاعل يعد قليلا بالمقارنة مع التلف الذي يحدث في دورة تفاعل (D - T)

تفاعلات النيوترون الحر

هي عدد من التفاعلات الاندماجية يمكنها انتاج نواتج تفاعل عبارة عن بروتونات وجسيمات الفا ، وتوضح المعادلات التالية تلك التفاعلات والنواتج الصادرة عنها

$$H + {}^{6}Li \longrightarrow {}^{4}He + {}^{3}He$$
$$H + {}^{7}Li \longrightarrow 2\,{}^{4}He$$
$$H + {}^{11}B \longrightarrow 3\,{}^{4}He$$
$$D + {}^{3}He \longrightarrow {}^{4}He + H$$

تعد هذه التفاعلات من الجيل الثالث لوسائل الاندماج النووي وهي من أصعب أنواع الوقود لان الاحتراق فيها يتطلب طاقة عالية لحدوث التفاعل ، وعليه فإنه يحدث فقدان في كمية البلازما بدرجة عالية بسبب اشعاعات الفرملة والاشعاعات الاخرى ، ورغم ذلك فإن هذا النظام له مزايا عدة منها أنه لا ينجم عنه نواتج احتراق مشعة ولا يتسبب في تلف الجدران الذي ينجم عن تشعيع مادة الجدار بالنيوترونات أو الإنتقال الحراري الناتج من التفاعل .

مفاعل الإندماج النووي

بدأت الأبحاث الخاصة بالإندماج النووي في الثلاثينيات من هذا القرن ، ولا زال التقدم في هذا المجال مستمرا ولكن بخطوات بطيئة ، وقد تم تطوير كثير من الأجهزة للسيطرة على التفاعلات الإندماجية الحرارية ، ويعد تصميم الآلة الأنبوبية (Toroidal) من ضمن الأعمال الناجحة

في هـذا الصدد. وقـد بدأ بنـاء هذه الآلـة في بداية الستينيات حيث عرفت باسم توكاماك (Tokamak). وفي الربع الأخير من هذا القرن حدثت العـديد من التعديلات المتتـابعة على هـذه الآلة ، حيث تم إنتـاج النموذج المعـدل (TFTR) في بـرنستون بـالـولايات المتحـدة الأمريكيـة والنموذج كورشاتـوف تي ـ ١٥ (Kurchatov T-15) في روسيا والنموذج جيت (Jet) في مـدينة كالهـام ببريطـانيا وكـذلك النموذج جي ـ تي ـ ٦٠ (JT-60) في مدينـة ناكـا باليـابان ، وبنـاءاً على تلك التعـديلات المتـلاحقـة فمن المتـوقع بنـاء مفـاعـلات الاندمـاج النووي المستقبليـة بـدقـة ونجاح حيث يمكن أن تكون طاقـة المفاعل التجاري كبيرة للغاية . وبحلـول عام ٢٠٢٠م يتوقع بنـاء مفاعــل الإندمـاج النـووي المسمـى (Starfire) بطاقة ١٢٠٠ ميجاوات .

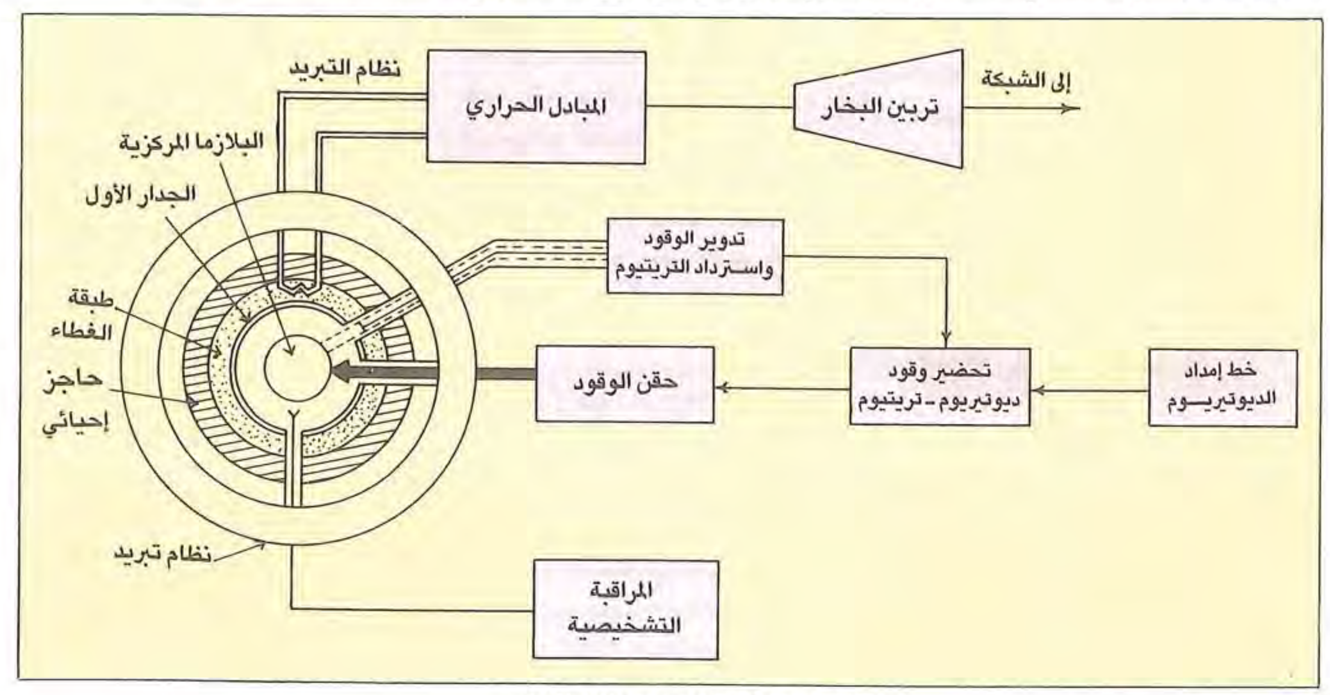
يـوضح شكل (١) مقطع عـرضي لقلب مفاعل للإنـدماج النووي (D - T) ، الـذي يتكون من الأجزاء الرئيسـة التالية :ـ

- البلازما المركزية
- الغطاء وشرائح الحواجز
- الملـف المغناطيسـي فائـق التوصيل

يعـرف الجـــزء الداخلـي للمفاعـــل بغـرفـــة التفريـــــغ ، وهـــو يحـوي البلازمــــا المحتــــواة مغنـاطيسيــــا والتي يحقن فيها وقود الإندماج النووي إما عن طـريق الحزمة المتعـادلة أو عن طـريق قـذائف الوقــود أو بوساطـة غطـاء الغـاز حـول البـلازما الموجـــودة في الغرفـــة ، وتعتمـد طريقـــة حقن الـوقــود على نـــوع المفـــاعل . ويمكن الوصـــول إلى درجـــة حـــرارة اشتعـــال البلازمـــا بوســـاطـــة الحقـــن بالحـزمـــة المتعـادلـة ومـن ثــم التسخين يليــه الإنضغـاط المغنـــاطيسي ، وتستخـــدم الأجهـزة المغناطيسيـــــــة المعروفـــة بالمحرفــــــات من أجل إزالـة الشوائب الناتجة عـن التطايـــر والـــرذاذ فـي البـــلازمـــا والغرفة المفرغـة .

يعرف جـدار الغرفـة المفرغـة بأنه أول جدار يقـــع عليه عـبء استقبـــال كميات مـــن الفيـــض الحــــراري من البـــلازمـا والـوقـود غير المحترق ونـواتج الإنـدمـاج النووي ، والأمـواج الكهــرومغناطيسيـة ، والأشعة السينية وأشعة جاما . ويعد التلف الــذي تسببـه كــل هـــــذه الأنـواع مـــن الإشعاعات من الأضرار الرئيسة التي يمكن أن تحدث للجـــدار ، عليــه فإنـــه من المهم تصميم الجدار بحيث يكــون هنـاك مجال لعمليـة تبريـــده . وينبغي لـــذلك أن يتـــم تصميم المفـاعل مـــن مواد تقـاوم التلـــف الإشعـــاعي والصـــدأ النـــاتج عن تبريــد الجدران، كما ينبغي أن تكـــون للمفـــاعل القدرة على العمل تحت درجات حرارة عالية والقدرة على الإنتقال الحراري .

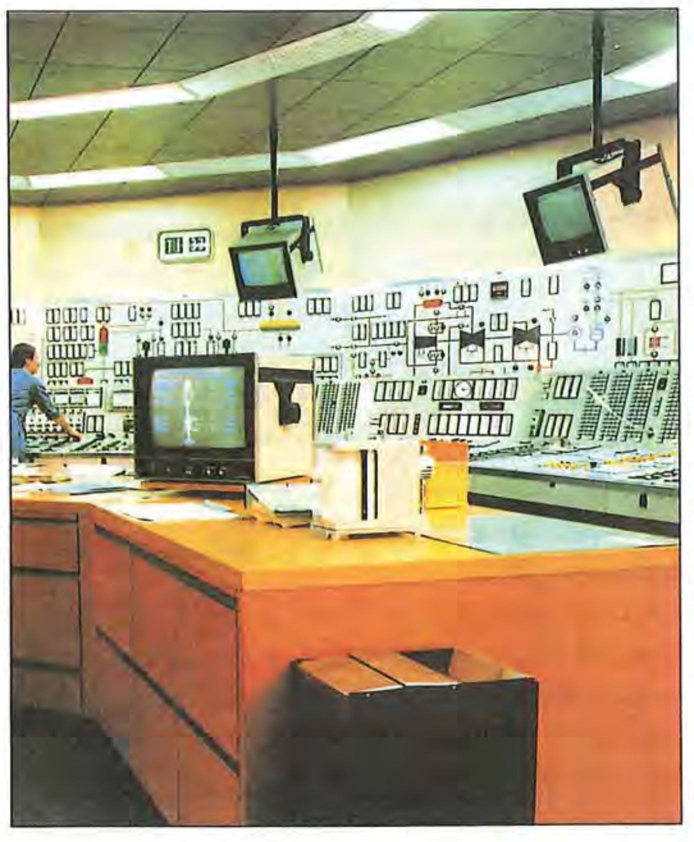
تحــاط الغـرفة المفرغـــة بغطـــاء مـن الليثيوم ، ومـن المتوقع ان يكون سمـك هذا الغطاء في مفـاعل توكامـاك ما بين مترين إلى ثـلاثـة أمتار . ويمثـل هذا الغطـاء المرحلـة الثانيـة لمصدر الحرارة في المفـاعل وذلك من خـلال تهدئتـه (تحويل طاقـة الحركـة إلى حرارة) للنيوترونـات المنتجة ، كذلك يمكن أن يعمل الغطـاء كمفاعل لتـوليد التريتيـوم الذي يمكن استخـدامه كوقود .وبـالاضافة للوظـائف المذكورة يسـاعد الغطـاء في حفظ الملفـات المغناطيسيـة من التلف النـاجم عن الإشعـاعات السـاقطة عليهـا من البلازمـا وأشعة جاما الناتجة عن التصادم غير المرن للنيوترونات . تغلف القشرة الخارجية لغطاء الليثيوم بملفات مغناطيسية فائقة التوصيل لتـوفير المجـال المغناطيسي الـلازم لاحتـواء البلازمـا . إضافة لـذلك فإن المفاعل محاط بغلاف وحواجز إحيائية مناسبة .



● شكل (١) مقطع عرضي لمفاعل اندماجي .

المفاعلات النووية الإنشطارية

د. محمد عبد الفتاح عبيد



الوُقُد الرئيسة المألوفة هي الفحم والبترول والغاز الطبعي ، وقد تكونت جميعها على الأرجح من بقايا المواد الحية ، وعند حرق هذه المواد فإننا نحصل على الطاقة الحرارية المعروفة . هذه الطاقة ناتجة عن التفاعلات الكيميائية وذلك بمشاركة أو انتقال الإلكترونات الموجودة في المدارات الخارجية للذرات المشتركة في التفاعل ، لذلك ربما كان من الأصح تسمية الطاقة الناتجة من إحراق الوقود العضوي بالطاقة الذرية وأن نسمي ما يُعرف الآن بالطاقة الذرية طاقة نووية حيث أن مصدرها نواة الذرة .

الإنشطار النووي والتفاعل المتسلسل

يتكون اليورانيوم الطبعي من ثلاثة نظائر هي : اليورانيوم ٢٣٨ ونسبته حوالي ٩٩,٣٪ واليورانيوم ٢٣٥ ونسبته ٠,٧٪ تقريبا واليورانيوم ٢٣٤ ونسبته ضئيلة للغاية .

ويحدث الإنشطار النووي عند أسر نوى ذرات اليورانيوم أو الثوريوم لنيوترون مكونة نظائر جديدة أقل توازناً ، وكمثال لذلك فإنه عندما تأسر نواة اليورانيوم ٢٣٥ أحد النيوترونات يتكون اليورانيوم ٢٣٦ الذي سرعان ماينشطر إلى نواتين من الوزن المتوسط أو يتفكك مصدراً جسيمات ليكوِّن نظائر لعناصر أخرى . ومن نواتج عملية الانشطار إنطلاق عدد من النيوترونات (٢ ـ ٣) وخروج عدد من الفوتونات . وتتحرر طاقة إجمالية تقدر بحوالي ٢٠٠ ميجا الكترون فولت (٢٠٠م إ ف) تتوزع على نواتج الإنشطار وشظاياه .

وما تلبث هذه الطاقة أن تتحول إلى طاقة حرارية في وسط التفاعل . وهناك احتمالات عديدة لتكوين شظايا الإنشطار بكتل مختلفة ، بيد أن معظم النويات الناتجة تقع بين عدد الكتلة ٨٠ ـ ١١٠ وعدد الكتلة ١٣٠ ــ ١٥٠ . فعلى سبيل المثال لا الحصر نستعرض التفاعل الإنشطاري التالي :ـ

يورانيوم ٢٣٥ + نيوترون ← يورانيوم ٢٣٦ ← باريوم ١٣٨+ كريبتون ٩٥ + ٢ نيوترون + طاقة

والجدير بالذكر أن مجموع كتل النوى الداخلة في التفاعل أكبر من مجموع كتل النوى الناتجة عنه ، وهذا النقص في الكتلة يتحول إلى طاقة يمكن حسابها باستخدام معادلة أنشتين التي تنص على أن الطاقة الناتجة = النقص في الكتلة × مربع سرعة الضوء .

ولكي تتاح لهذه الطاقة أن تستغل ينبغى إطلاق تفاعل متسلسل في وسط قابل للإنشطار. ويحدث التفاعل المتسلسل عندما تقوم النيوترونات الخارجة من الإنشطار بشطر نوى أخرى من اليورانيوم فتخرج نيوترونات جديدة تصطدم بدورها بنوى أخرى من اليورانيوم .. وهكذا يزداد عدد النوى المنشطرة زيادة كبيرة في وقت صغير جدا فيتولد سيلا من النيوترونات وطاقة حرارية كبيرة في وسط التفاعل . ولزيادة احتمال حدوث الإنشطار النووي يتم تخفيض طاقة النيوترونات الى ما يسمى بالطاقة الحرارية وهي حوالي ٠,٠٢٥ ألكترون فولت وذلك بوضع مهدىء فتقل سرعة النيوترونات ويكون جل الإنشطار النووي بالنيوترونات الحرارية . وفي دورة النيوترونات تتعرض النيوترونات المولدة من الإنشطار النووي إلى عوامل كثيرة تقلل من عددها مثل الإمتصاص في مواد المفاعل أو التسرب خارجه. فإذا كانت النيوترونات الناتجة تساوي النيوترونات المتبقية أصبح المفاعل حرجا ويستمر التفاعل الإنشطاري بلا زيادة ولا نقصان ، وتسمى كتلة اليورانيوم في هذه الحالة بالكتلة الحرجة للمفاعل . أما إذا زاد عدد النيوترونات المتبقية بعد تغلبها على الإمتصاص والتسرب عن عدد النيوترونات الناتجة من الإنشطار فيسمى التفاعل في هذه الحالة بالتفاعل المتسلسل المتزايد وتكون كتلة اليورانيوم « فوق الحرجة ». ومن هذا المنطلق يتم التحكم في المفاعل عن طريق التحكم في دورة النيوترونات أي في عدد النيوترونات المفقودة بالتسرب أو الامتصاص . وفي معظم المفاعلات

يتم التحكم في المفاعل بوساطة قضبان التحكم المصنوعة من مواد لها قابلية كبيرة لامتصاص النيوترونات مثل البورون والكادميوم ، فإذا زُجت القضبان داخل المفاعل امتصت النيوترونات في الحال وبالتالي يصل التفاعل المتسلسل إلى الوضع الحرج أو يتناقص إلى أن يتوقف كلية ، كما يمكن التحكم في المفاعل بوضع عواكس للنيوترونات حول قلب المفاعل لتعكس النيوترونات ثانية وبالتالي يكون التحكم في مقدار النيوترونات المتسربة خارج المفاعل كما هو الحال في التحكم في مفاعلات الصواريخ النووية .

الوقـود النـووي

من أهم المواد الإنشطارية اليورانيوم ٢٣٥ والبلوتونيوم ٢٣٩ واليورانيوم ٢٣٣ ، وكما سبق ذكره فإن اليورانيوم ٢٣٥ موجود في الطبيعة بنسبة ٠,٧١٪ أما البلوتونيوم ٢٣٩ واليورانيوم ٢٣٣ فمن الممكن تكوينهما عن طريق ما يسمى بالمواد الخصبة ، أي تلك المواد التي تتحول الى مواد انشطارية عندما تمتص نيوترونا واحدا مثل اليورانيوم ٢٣٨ الذي يتحول إلى عنصر البلوتونيوم ، وكذلك الحال بالنسبة إلى عنصر الثوريوم ٢٣٢ الذي يتحول إلى عنصر اليورانيوم ٢٣٣ . لذلك توجد دورتان هامتان للوقود النووي وهما : دورة اليورانيوم ودورة الثوريوم .

تعد دورة اليورانيوم هي الأكثر شيوعا ويتكون الوقود النووي فيها من اليورانيوم ٢٣٨ مع عنصر انشطاري مثل اليورانيوم ٢٣٥. فإذا كانت نسبة اليورانيوم ٢٣٥ في الوقود هي نسبته في الطبيعة أطلق على الوقود النووي وقود اليورانيوم الطبيعي مثل الذي يستخدم في مفاعلات الماء الثقيل « الكندو » أو أحيانا في المفاعلات المهدأة بالجرافيت . وإذا زادت نسبة اليورانيوم ٢٣٥ في الوقود عن نسبته في الطبيعة (٠,٧١٪) فيقال أن الوقود مثرى أو مخصب أي ثري بالنظير ٢٣٥. ويستخدم الوقود المخصب في المفاعلات المبردة بالماء كما هو الحال في مفاعلات الماء المضغوط ومفاعلات الماء الغالي وغيرها . ومن مميزات الوقود الثري هو صغر حجم المفاعل وعلو كثافته الحرارية فضلا عن إمكان استخدام المواد ذات الخصائص الميكانيكية والحرارية العالية بالرغم من ارتفاع نسبي في معدل امتصاصها للنيوترونات .

مكونـات المفاعـل

لا تختلف مكونات المحطات النووية كثيرا عن المحطات الحرارية المألوفة ، حيث أن وجه الإختلاف الرئيس هو مصدر الطاقة الحرارية . ففي المحطات المألوفة يمثل الوقود المألوف والغلاية المصدر الرئيس للحرارة بينما يستبدل هذا المصدر بالمفاعل النووي في المحطات النووية. وطريقة عمل المحطة يمكن تلخيصها في تبريد المصدر الحراري بمائع كالماء مثلا والذي يتحول الى بخار ومن ثم يدفع البخار في توربين بخاري يدير المولدات الكهربائية المغذية للشبكة الكهربائية العامة . ويمثل شكل (١) رسما توضيحيا لمحطة نووية تستخدم الماء الثقيل كمهدىء والماء العادي كمبرد . ويتكون المفاعل أساسا من وعاء الضغط وبداخله لب المفاعل .

● وعـاء الضغـط

يصنع وعاء الضغط ـ عادة ـ من الحديد غير القابل للصدأ والذي قد يزيد سمكه على ١٢ بوصة ، وهو مصمم ليتحمل ضغوطا أكثر من ٢٠٠٠ رطل على البوصة المربعة ودرجات حرارة تزيد عن ٢٠٠٠ درجة فهرنهيت . ووعاء الضغط مصمم بحيث يسمح بمرور أنابيب التبريد والكابلات ودوائر الحماية وخلافه خارج الوعاء وكذلك تزويده بالحُجُب والعوازل الواقية .

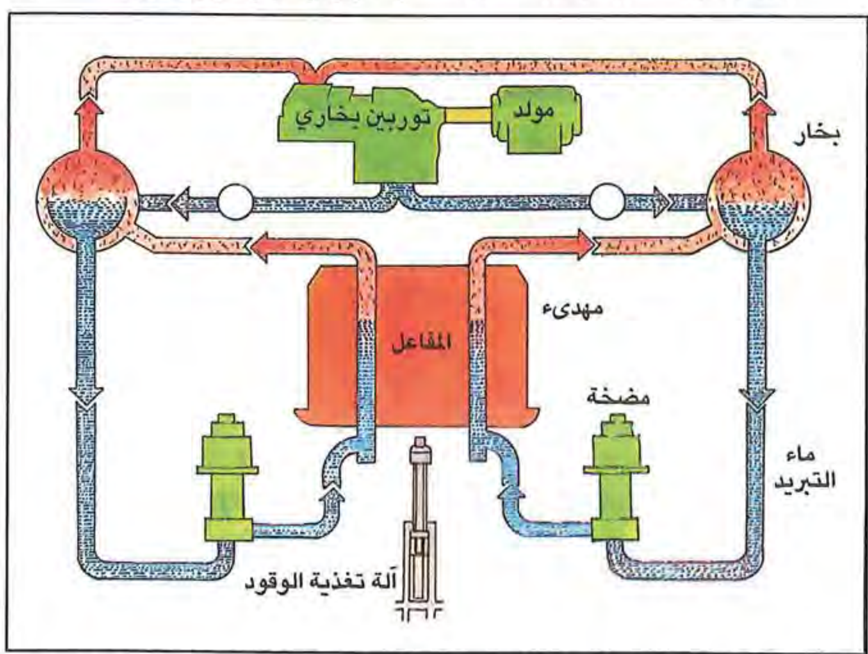
● لـب المفاعل

يحتوي لب المفاعل على :ـ

قضبان التحكم : وهي مواد شديدة الإمتصاص للنيوترونات مثل البورون والكادميوم ، وهي مغلفة ويسمح لهابالمرور خلال قضبان الوقود للتحكم في التفاعل الانشطاري. وفي كثير من الأحيان يحتوي قطاع الوقود على قضبان التحكم .

المهدىء : يتخلل قضبان الوقود وسط لتهدئة طاقة النيوترونات يسمى بالمهدىء . وفي كثير من الأحيان يكون المهدىء مبردا في نفس الوقت كما هو الحال في مفاعلات الماء المضغوط والماء الغالي ، ومن أهم خصائص المهدىء أن يكون خفيف الكتلة قليل الامتصاص للنيوترونات مثل الهيدروجين والماء العادي والماء الثقيل والكربون .

المبرد : وهو الوسط الرئيس المسؤول عن نقل الطاقة الحرارية من قلب المفاعل الى خارجه للانتفاع بها . وأهم خصائص المبردات جودة صفاتها الحرارية مع الإحتفاظ بخواصها الميكانيكية والطبيعية وأن يكون امتصاصها



● شكل (١) مفاعل الماء الغالي الذي يستخدم الماء الثقيل كمهدىء والماء العادي كمبرد .

للنيوترونات أقل ما يمكن . ومن المبردات المستخدمة : الماء بأنواعه والغازات مثل غاز ثاني أكسيد الكربون ، كما أن هناك مبردات عضوية وأخرى غير عضوية مثل الصوديوم الذي يستخدم في المفاعلات الولودة السريعة .

العواكس: يزود قلب المفاعل عادة بعواكس من مواد خصبة مثل اليورانيوم ٢٣٨ وظيفتها عكس بعض النيوترونات ثانية الى قلب المفاعل وكذلك الحفاظ على النيوترونات من التسرب خارج المفاعل فضلا عن تحويل هذه المواد الى مواد انشطارية مثل البلوتونيوم ٢٣٩ والمفاعل مزود بأجهزة القياس والتحكم ومتطلبات الأمان من دوائر احتياطية للتبريد وغيرها وكذلك بحواجز الحجب والعوازل الإشعاعية الواقية .. وكل ذلك موجود داخل وعاء الضغط .

أنواع المفاعلات النووية

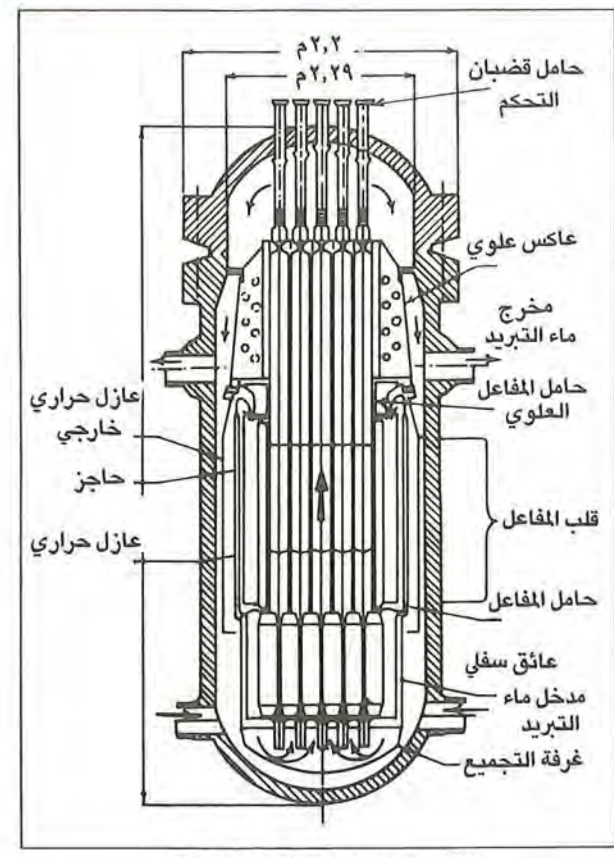
يقسم المتخصصون المفاعلات النووية حسب خصائصها المختلفة، فتارة حسب تجانسها كمفاعلات متجانسة أو غير متجانسة وتارة حسب طاقة النيوترونات كمفاعلات حرارية أو مفاعلات سريعة ، وكثيرا ما يعتمد التصنيف على وظيفتها ، كمفاعل أبحاث أو مفاعل لإنتاج النظائر أو مفاعل للقوى . أما بالنسبة لمفاعلات القوى فتوصف حسب نوع الوقود أو نوع المهدىء كمفاعل مبرد بالماء وآخر مبرد بالغاز . وغالبا ما يوصف المفاعل حسب الدورة الديناميكية الحرارية كما هو الحال في مفاعل الماء المضغوط أو مفاعل الماء الغالي .

أما مفاعلات القوى فيقصد بها مفاعلات القدرة النووية التي يتم تشييدها على نطاق تجاري ، ويمكن تقسيم هذه المفاعلات إلى عدة أنواع منها مايلي :ـ

١ـ المفاعلات المبردة بالغاز

في أوائل الخمسينيات أنشأت بريطانيا المفاعلات النووية المبردة بغاز ثاني أكسيد الكربون والتي تستخدم الجرافيت كمهدىء للنيوترونات واليورانيوم الطبيعي المغلف بسبائك المغنسيوم كوقود ، أما قضبان التحكم في الإنشطار النووي فكانت من البورون . ويستخدم في الدورة الحرارية غاز ثاني أكسيد الكربون الحار الخارج من المفاعل لإنتاج البخار عن طريق المبادل الحراري ودائرة التبريد الثانوية ، ومن ثم توليد الكهرباء باستخدام توربينات بخارية ضخمة ملحق بها مكثف حيث يتكثف البخار ويعود الماء ثانية الى المبادل الحراري كما هو متبع في الدورة الحرارية المسماة بدورة (رانكن).

ومن مميزات هذا النوع من المفاعلات استخدام اليورانيوم الطبيعي وخلو البخار من الإشعاع، غير أن بعض المشاكل المصاحبة له – والتي كانت سببا في فشل المملكة المتحدة في تسويقه للدول الأخرى– تتمثل في تدني الكفاءة والتأثيرات السيئة لغاز ثاني أكسيد الكربون الذي يتحول إلى مادة تساعد على التآكل بشدة عند درجات الحرارة العالية وظهور طاقة وجنر الكامنة في الجرافيت المشع في قلب المفاعل والذي أدى إلى حادثة وندسكيل سنة ١٩٥٧م .



● (٢) وعاء الضغط لمفاعل مبرد بالماء .

٢ـ مفاعلات الماء الخفيف

في عام ١٩٥٧م قررت هيئة الطاقة الذرية الأمريكية الإهتمام بنوعين من المفاعلات تعتمد على الماء الخفيف ، هما : مفاعلات الماء المضغوط، مفاعلات الماء الغالي ،حيث يستخدم الماء الخفيف (العادي) كمهدىء للنيوترونات وكمبرد لقلب المفاعل لاستخلاص الطاقة الحرارية والإستفادة بها. وقد تركت هيئة الطاقة الذرية الباب مفتوحا للقطاع الخاص في تطوير مبدأ استخدام الماء الخفيف لما له من خصائص متميزة ، فهو رخيص الثمن ومتوفر بكميات كبيرة وناقل جيد للحرارة ووسط جيد أيضا لتهدئة النيوترونات . ونظرا لاحتمال امتصاص الماء العادي للنيوترونات يكون من الضروري استخدام اليورانيوم الثري كوقود، الأمر الذي يؤدي إلى إمكان تصميم المفاعل بحيث تكون كثافة القدرة المتولدة عالية مما يجعل حجم المفاعل صغيرا لنفس القدرة الحرارية .

ومن أهم مميزات مفاعلات الماء الخفيف أن بناءها أقل تكلفة وأحجامها أصغر من المفاعلات المبردة بالغاز فضلا عن كفاءتها العالية نسبيا مما حدا بالولايات المتحدة الأمريكية إلى إقامة عدة مفاعلات من هذا النوع ونجحت في تسويقها عالميا .

٣ـ مفاعلات الماء المضغوط

تتضمن المكونات الرئيسة لمفاعل الماء المضغوط المفاعل ودائرة التبريد الأولى والمبادل الحراري ودائرة التبريد الثانية والتوربين مع المكثف وكذلك المولد الكهربائي كما هو موضح في الشكل (٢). وفي هذا المفاعل يكون ماء التبريد في قلب المفاعل تحت ضغط عال يصل إلى ١٦٠

ضغطا جويا لمنع غليان الماء ، أما درجة حرارة الماء فحوالي ٣٠٠°م. يغادر الماء الساخن قلب المفاعل عن طريق دورة التبريد الأولى إلى المبادل الحراري حيث يتم إنتاج البخار في دورة التبريد الثانية فيكون البخار نظيفا نظرا لتكون البخار في المبادل الحراري بعيدا عن قلب المفاعل . يوجه البخار في دورة التبريد الثانية إلى التوربين فيتمدد معطياً شغلاً ثم يتحول إلى ماء عبر المكثف يعود بعدها إلى المبادل الحراري طبقا لدورة « رانكن » الحرارية .

وفي مفاعل الماء المضغوط تعمل أعمدة التحكم (المصنوعة من الهافنيوم والمغلفة بسبيكة الزركنيوم) من أعلى ، مما يعد أكثر أمانا حيث تستطيع الأجهزة الميكانيكية لأعمدة التحكم أن تعمل تلقائيا تحت تأثير وزنها عند حدوث أي عطل . أما وقود مفاعل الماء المضغوط فغالبا ما يكون من ثاني أكسيد اليورانيوم الثري بنظير اليورانيوم ٢٣٥ بنسبة ٣,٣٪ . ويصنع وعاء الضغط من الفولاذ الذي يبلغ قطره حوالي ١٠ أمتار وطوله ٢٢ مترا تقريبا، وقد يصل سمكه الى ٢٥ سم ليتحمل درجة الحرارة والضغط العاليين ، ولهذا تعد تكاليف وعاء الضغط في مفاعل الماء المضغوط عالية نسبيا . إضافة إلى ذلك فإن وجود المبادل الحراري وملحقاته يجعل من محطة مفاعل الماء المضغوط أقل كفاءة وأعلى تكلفة من محطة مفاعل الماء الغالي . بالرغم من ذلك فإن مميزات مفاعل الماء المضغوط هي سمة الإتزان الديناميكي لمسايرة تغير الأحمال ووصول البخار النظيف إلى التوربين وكون أعمدة التحكم من أعلى تجعل من مفاعلات الماء المضغوط أكثر أنواع المفاعلات أمانا .

٤- مفاعلات الماء الغالي

يستخدم في هذه المفاعلات الماء الخفيف كمهدىء ومبرد ويسمح له بالغليان في قلب المفاعل ومن ثم يُجَمَّع البخار ويُوجَّه مباشرة إلى التوربين ويكون البخار مشبعا ودرجة حرارته حوالي ٢٧٥°م وضغطه حوالي ٧٠ ضغطاً جوياً . ويستخدم في العادة وقود ثاني أكسيد اليورانيوم ٢٣٥ (بنسبة ٢,٦٪) المغلف بسبيكة الزركونيوم . أما قضبان التحكم فهي من كربيد البورون أو من عنصر الكادميوم، ويتم تحريكها عن طريق محركات كهربائية تزج بها من أسفل لإيقاف الإنشطار أو التحكم فيه . ويتكون وعاء الضغط من الحديد الصلب المبطن بمواد غير قابلة للصدأ، ويبلغ ارتفاعه حوالي ١٨ مترا وقطره ٧ أمتار وسمكه أقل من سمك وعاء ضغط مفاعل الماء المضغوط وبالتالي فهو أقل تكلفة . ومما يجعل مفاعل الماء الغالي أعلى كفاءة وأقل تكلفة من مفاعل الماء المضغوط عدم وجود المبادل الحراري ودائرة التبريد الثانوية، ومن أهم عيوب مفاعل الماء الغالي المشاكل العديدة الناتجة من دخول البخار المشع إلى التوربين مباشرة وبالتالي احتمال تلوث التوربين فضلا عن تسرب البخار عبر مخدات عمود التوربين الدوار ، ومن ناحية أخرى فإن التوصيل المباشر بين المفاعل والتوربين يقلل من الإتزان الديناميكي للمفاعل وقابليته لمسايرة تغير الأحمال فضلا عن عدم انتظام فقاعات الغاز أثناء غليان الماء ومشاكل الإنتقال الحراري المصاحبة لها .

٥ ـ مفاعلات الماء الثقيل

في أوائل الستينيات اقترح الكنديون والفرنسيون استخدام الماء الثقيل (D_2O) كمهدىء ومبرد لقلب المفاعل الأمر الذي مكنهم من استخدام اليورانيوم الطبيعي كوقود نظرا لأن امتصاص الماء الثقيل للنيوترونات يكاد يكون معدوما وبالتالي تزيد نسبة التهدئة للنيوترونات. وتبنى الكنديون مفاعل الكندو (CANDU) وهو اللفظ المشتق من الأحرف الأولى لمسمى المفاعل بالإنجليزية (Canadian - Deterium Uranium) . ويستخدم في هذا المفاعل وقود أكسيد اليورانيوم الطبيعي المغلف بسبيكة الزركونيوم . ويعمل الماء الثقيل كمهدىء ومبرد في نفس الوقت، أما أعمدة التحكم فهي من كربيد البورون . ونظرا لأن المفاعل يعمل تحت الضغط الجوي فإن الضغط المرتفع يكون داخل الأنابيب المحيطة بأعمدة الوقود التي يتدفق فيها مبرد من الماء الثقيل ومن ثم تنقل الحرارة عن طريق مبادلات حرارية إلى دائرة تبريد ثانوية من الماء العادي حيث يتكون البخار الذي بدوره يتمدد في التوربين كما هو الحال في مفاعل الماء المضغوط . وقد طورت المملكة المتحدة فكرة مفاعل كندو والدورة المباشرة لمفاعل الماء الغالي فيما يسمى بمفاعلات الماء الثقيل المولدة للبخار Steam Generating Heavy Water Reactors (SGHWR) ويستخدم الماء الثقيل كمهدىء والماء الخفيف كمبرد ، حيث يتحول إلى بخار (كما هو الحال في الماء الغالي) ولكن داخل أنابيب التبريد حيث الضغط المرتفع بينما يبقى ضغط المفاعل تحت ظروف الضغط الجوي . ويستخدم في هذا النوع أكسيد اليورانيوم الطبيعي الثري بنظير ٢٣٥ بنسبة بسيطة تتراوح بين ٠,٧ إلى ٢٪ من اليورانيوم ٢٣٥ نظرا لوجود الماء الخفيف في قنوات التبريد . أما أعمدة التحكم فهي من كربيد الكربون . وبالرغم من أن تكاليف مفاعل الماء الثقيل أكبر بكثير من نظيره الذي يستخدم الماء العادي نظرا لكبر حجم مفاعل الماء الثقيل الذي قد يصل إلى سبعة أضعاف نظيره فضلا عن تكلفة الماء الثقيل، فإن استخدام اليورانيوم الطبيعي كوقود يُمَكِّن الدول التي تشتري هذا النوع من المفاعلات من إنتاج الوقود ذاتيا دون الإعتماد على الدول التي تبيع الوقود الثري ، ومن ناحية أخرى فإن مفاعل الماء الثقيل يسمح بإنتاج مادة البلوتونيوم التي تستخدم في صناعة الأسلحة النووية بكفاءة عالية، وهو ما قامت به كل من إسرائيل والهند في برامجها النووية .

٦ ـ المفاعلات الولودة السريعة

يعتمد مبدأ المفاعلات الولودة السريعة على استخدام النيوترونات السريعة دون إبطائها وبالتالي لا تستخدم فيه المبردات ذات الوزن الذري الصغير ولا الماء على الإطلاق ، وبدلا عن

ذلك تستخدم الموائع المعدنية مثل الصوديوم السائل (ينصهر عند ١٠٠ْ م ويغلي عند ٩٥٠ْم) في تبريد المفاعل ونقل الطاقة الحرارية الى مبادل حراري يتم فيه تبخير الماء وتوجيهه إلى التوربين . ويستخدم هذا النوع من المفاعلات الوقود المخلوط من ثاني أكسيد اليورانيوم(UO_2) وثاني أكسيد البلوتونيوم(PuO_2) بالإضافة إلى اليورانيوم ٢٣٨ بنسبة ٨٠٪ والمغلف بالحديد غير القابل للصدأ حيث يتحول اليورانيوم ٢٣٨ إلى البلوتونيوم ٢٣٩ الإنشطاري ، أي يقوم المفاعل بتوليد مواد انشطارية جديدة مما يجعل نسبة توليد المواد المنشطرة أكبر من الواحد الصحيح ، لذلك سميت بالمفاعلات الولودة .

ومن مميزات المفاعلات الولودة السريعة هي :- قلب المفاعل الصغير جداً بالنسبة للمفاعلات الأخرى ، وكفاءتها العالية لتوليد البخار بدرجة حرارة تزيد عن ٥٠٠ْم وضغط ١٧٠ جويا ، وقلة تكاليف دورة الوقود النووي نتيجة توليد مواد انشطارية جديدة .

عوامل الأمان في المفاعلات النووية

إن احتمال انفجار المفاعل النووي كما تنفجر القنبلة النووية معدوم تماما وذلك لأن التفاعل النووي في المفاعلات مسيطر عليه والمواد الإنشطارية قليلة وموزعة . وسمة الإتزان وأصالته غالبة على جميع أنظمته ، أما في حالة القنبلة النووية فيكون الإنفجار لحظي والمواد الإنشطارية مركزة وعالية الفاعلية ومن ثم ليس ثمة ربط بين الإحتماليين، ونود أيضا أن نؤكد أن أمان المفاعلات النووية من الأمور الهامة والأساس التي تتطلبها الهيئات والمنظمات الدولية والإقليمية والوطنية فضلا عن الرأي العام، وعوامل الأمان المرتبطة بالمفاعلات النووية كثيرة وتعتمد على نوع المفاعل ويجدر بنا في هذا المقام أن نذكر أهمها :-

١- أصالة الإتزان في حرجية المفاعل

يجب أن يكون اتزان المفاعلات النووية متأصلا وتلقائيا أي أنه عند زيادة قدرة المفاعل لسبب ما فإن تأثير الفاعليات المختلفة (مثل فاعلية الوقود والمبطيء والمبرد وغيرها) كلها تعمل تلقائيا على تقليل الفاعلية وبالتالي قدرة المفاعل ،وهذا ما يطلق عليه المتخصصون معامل الفاعلية السالب، Negative Temperature Coefficient of Reactivity أي يخبو المفاعل تلقائيا عند ارتفاع درجة الحرارة .

٢- دفع مواد شديدة الإمتصاص للنيوترونات في قلب المفاعل

ويحدث ذلك غالبا عن طريق قضبان - من البورون مثلاً - تندفع في قلب المفاعل لإطفائه وذلك في الحالات الإسعافية البسيطة . وتحسبا لوقوع أي حادثة كبيرة ، فغالبا ما يزود المفاعل بوعاء يحتوي على سائل مضغوط من البورون الذي يندفع تلقائيا إلى قلب المفاعل فيخمد التفاعل الإنشطاري بسرعة فائقة .

٣- تزويد المفاعلات بدورات احتياطية لتبريد قلب المفاعل

يزود المفاعل عادة بدورات احتياطية للتبريد ففي حالة الحوادث البسيطة مثل شرخ أو كسر بسيط في أعمدة الوقود تساعد دوائر التبريد الإحتياطية الدوائر الأصلية في تبريد قلب المفاعل . أما عندما تكون الحادثة كبيرة فتقوم دوائر التبريد الإحتياطية بتعويم قلب المفاعل.

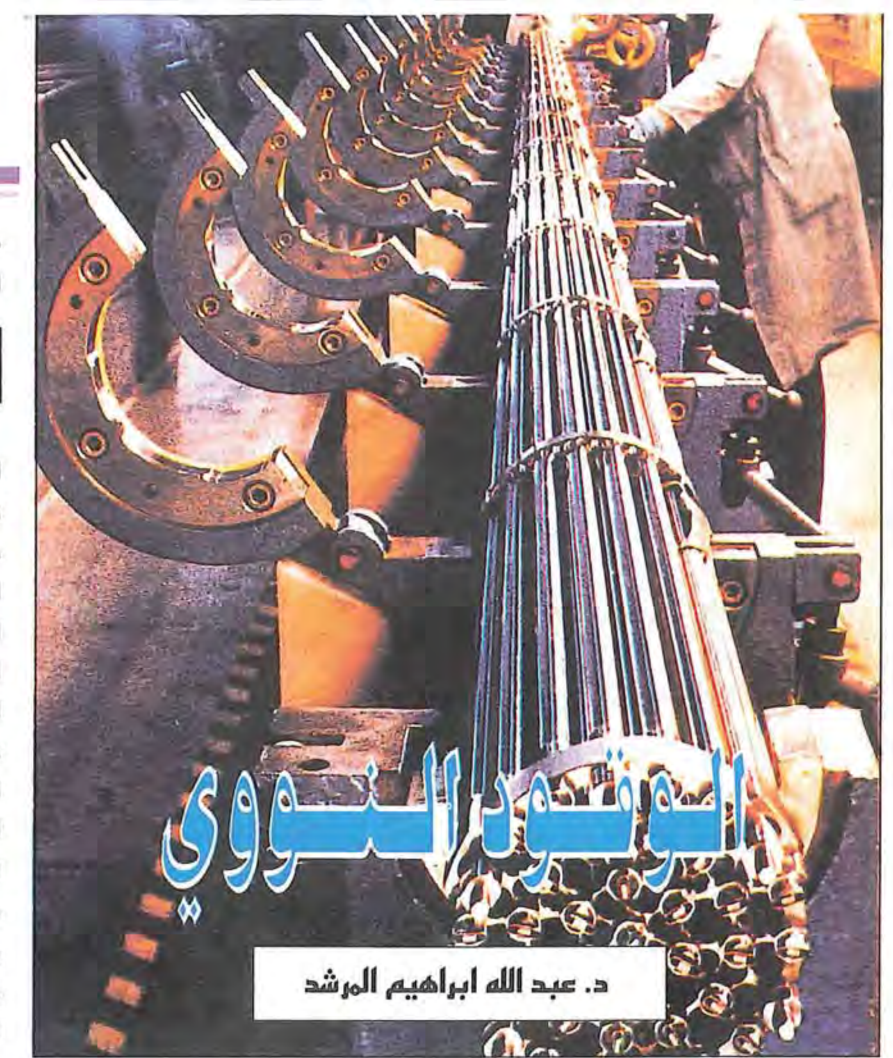
٤- حاوية المفاعل

يتم حفظ جميع المعدات والمواد المشعة ووعاء الضغط وما يحتويه ودوائر التبريد المشعة وملحقاتها داخل مبنى حاو يطلق عليه مبنى الإحتواء للمفاعل ، ولضمان عدم تسرب المواد المشعة من داخل مبنى الإحتواء إلى خارجه أثناء التشغيل يكون الضغط في المبنى أقل من الضغط الجوي فلا يحدث أي تسرب من الداخل إلى الخارج ، أما في حالة الكوارث فيحتفظ المبنى بجميع المواد المشعة داخله فلا تتسرب إلى الخارج.ونشير في هذه المناسبة إلى تهاون التقنية السوفيتية سابقا في تصميم الوعاء الحاوي الأمر الذي أدى إلى تلوث البيئة عند حدوث كارثة مفاعل تشيرنوبل في الماضي القريب .

٥- الإحتياطات الوقائية عند التصميم

عند تصميم المفاعلات النووية تؤخذ الإحتياطات بصورة دائمة ومستمرة ابتداءاً من اختيار موقع المفاعل بحيث يتم تحديد أفضل المواقع لبناء المفاعل والمناطق المحظورة المسموح بها ، ويتابع المصممون وضع احتياطات الأمان الأخرى تباعا مثل فصل الأجهزة والمعدات وتحديد مناطق كل حيز بحيث إذا حدث عطل نتج عنه تسرب إشعاعي في جهاز ما يتم محاصرة هذه المنطقة وذلك للحد من انتشار الأعطال وهكذا .. ومن ناحية أخرى يتابع المصممون دراساتهم المكثفة في تحديد الأعطال الممكنة والطرق المحتملة لحدوث أكثر من عطل في آن واحد ، وكذلك عندما يسبب عطل معين أعطالا كثيرة في مناطق أخرى الأمر الذي يجعل المصممون يؤكدون على أهمية دواعي الأمان بتبني مبدأ « الإزدواجية والتنوع » أي تحقيق المطلوب بطرق مختلفة ومتنوعة مثل ازدواج الأجهزة ذات الأهمية الخاصة كضمان ضد حالات تعطل جهاز أساس مثل استخدام مضختين متشابهتين في الأماكن التي يكفيها مضخة واحدة ، وفي بعض الأحيان تتعدد الدوائر الإحتياطية . أما بالنسبة إلى التنوع فيتم ذلك بقياس المطلوب بطرق متنوعة كقياس قدرة المفاعل مثلا بدلالة الفيض النيوتروني وأيضا بدرجات الحرارة وتدفق ماء التبريد وثالثة بتكون الأكسجين والنيتروجين المشع واضمحلالهما وهكذا .

ويظل عقل الإنسان قاصرا على بلوغ الكمال ولكن عليه أن يعمل ما في وسعه من احتياطات مقتديا بقوله صلى الله عليه وسلم :« اعقلها وتوكل » فالله يقينا شر الحوادث أو يرحمنا فيسهل علينا حصرها وتحجيمها ضمن الحدود المسموح بها .



الوقود النووي

د. عبد الله ابراهيم المرشد

مع اكتشاف عملية الإنشطار النووي لذرة اليورانيوم سنة ١٩٣٨م تمكن العلماء من تطوير هذا الإكتشاف وتوظيفه في العديد من الإستخدامات العسكرية والسلمية. ويمكن التحكم في الطاقة النووية الناتجة عن هذا الإنشطار والإستفادة منها في إنتاج الطاقة الكهربائية كما هو مطبق في مفاعلات القوى النووية .

وهناك عدد من المواد التي تعرف بالمواد الإنشطارية وهي التي تنشطر بالنيوترونات البطيئة والسريعة ، وبعضها من نظائر اليورانيوم مثل اليورانيوم ٢٣٥ واليورانيوم٢٣٣ والبعض الآخر من نظائر البلوتونيوم مثل البلوتونيوم ٢٣٩ والبلوتونيوم ٢٤١، وهناك ما يعرف بالمواد القابلة للإنشطار وهي التي تنشطر بالنيوترونات السريعة فقط وتحتاج إلى عملية الإستيلاد لتصبح بدورها نظائر انشطارية كاليورانيوم ٢٣٨ والثوريوم ٢٣٢ ، ويتم ذلك بتفاعلها مع النيوترونات عند شرائح معينة من الطاقة ، وجميع هذه النظائر الإنشطارية لاتوجد في الطبيعة ما عدا نظير اليورانيوم ٢٣٥ والذي يوجد بنسبة قليلة في اليورانيوم الطبيعي .

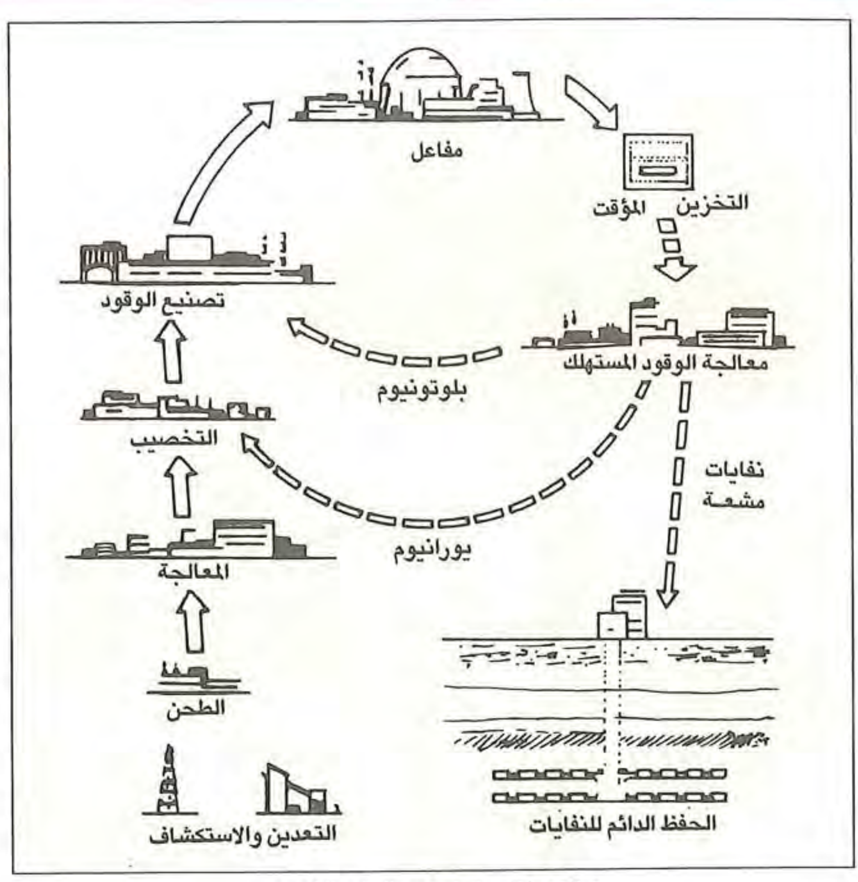
دورة الوقود النووي

تتألف دورة الوقود النووي من عدد من المراحل ، شكل (١) ، حيث تبدأ بالكشف عن خامات اليورانيوم في الطبيعة ثم الإستخلاص وتصنيع الوقود بعد تخصيبه. يلي ذلك عملية التشكيل ليتم وضع الوقود بالشكل النهائي الذي يتوافق مع تصميم قلب المفاعل، وبعد أن يستهلك هذا الوقود في المفاعلات يتم نقله إلى محطات إعادة معالجة الوقود ليعاد تصنيعه ومن ثم استخدامه، وأما ما تبقى من وقود مستهلك فإنه يحفظ في مقابر للنفايات المشعة صممت لهذا الغرض لحين التخلص من هذه النفايات نهائيا .

إنتاج اليورانيوم

توجد خامات اليورانيوم في الطبيعة في الحجر الرملي وحصى الكوارتز وفي عروق تمتد داخل التشكيلات الحجرية بنسب مختلفة تصل إلى ٤٪ إلا أن هذه النسبة قلت الآن بسبب نفاد الخامات ذات النسب العالية في المناجم المعروفة حتى صارت هذه النسبة ٤,٪ وقد تصل نسبة اليورانيوم في الخام المستخرج إلى أقل من هذه النسبة تمشيا مع قاعدة العرض والطلب والجدوى الإقتصادية لاستخراج اليورانيوم من الخامات ذات النسب الضئيلة . ويبين الشكل (٢) تطور إنتاج اليورانيوم في عدد من الدول حتى سنة ١٩٨٩م ، ويتوقع أن يصل حجم الطلب لتغذية المحطات النووية بحلول عام ٢٠٠٥ م إلى ٥٣٠٠٠ طن من اليورانيوم الطبيعي في السنة . وقد بلغت تكلفة الكيلوجرام الواحد من اليورانيوم ٨٠ دولارا حتى مطلع ١٩٨٧م، على أن هذه التكلفة قد تصل إلى ١٣٠ دولارا لبعض الخامات، ومع ذلك فهي ما تزال اقتصادية مقارنة بأسعار بدائل الطاقة الأخرى .

تتم عمليات الكشف عن خامات اليورانيوم بطرق مختلفة منها الفيزيائية والكيميائية . وتبدأ هذه العمليات بالمسح العام للمناطق التي يتوقع وجود الخام فيها سواء على سطح الأرض أو في أعماق مختلفة البعد داخل القشرة الأرضية، وقد يستعان بتقنيات متقدمة كصور الأقمار الإصطناعية والإستشعار عن بعد . وعند التأكد من وجود الخامات تبدأ الأعمال المخبرية وعمليات الفصل لاستخلاص اليورانيوم من خاماته وتقدير تراكيزه وكمياته. وبعد الدراسات الإقتصادية تبدأ عمليات الإنتاج الفعلي بطحن الخامات في سلسلة من المطاحن لتكون على شكل حبيبات دقيقة لتجري عليها عمليات الإذابة لاستخلاص اليورانيوم على شكل أكاسيد لها الصيغة الكيميائية (U_3O_8) وهو ما يسمى بالكعكة الصفراء (Yellow Cake)



● شكل (١) مراحل دورة الوقود النووي.

التي قد تصل نسبة اليورانيوم الطبعي فيها إلى ٠,٨٥٪.

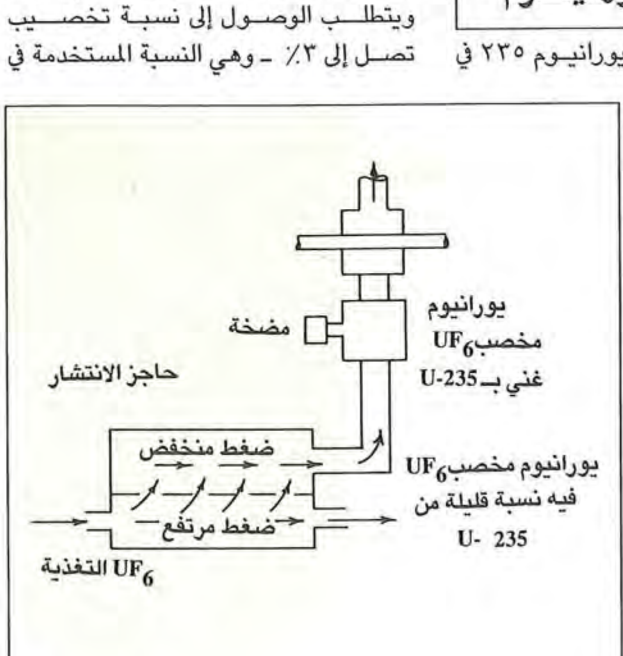
تخصيب اليورانيوم

يكون تركيز اليورانيوم ٢٣٥ في الكعكة الصفراء هو التركيز الطبعي، وحيث أنه هو النظير الإنشطاري يجب زيادة هذه النسبة باستخدام عمليات التخصيب لترتفع من ٠,٧٪ إلى حوالي ٣٪ وهي النسبة المستخدمة في وقود مفاعلات الماء الخفيف، وأما في الإستخدامات العسكرية فيتم تخصيب اليورانيوم إلى درجات أعلى بكثير من هذا الرقم الأخير. وسوف نتعرض لبعض هذه التقنيات بشرح موجز يوضح فكرة كل طريقة وآلية عملها وبعض المزايا أو العيوب مقارنة بالطرق الأخرى وذلك فيما يلي :-

● شكل (٢) تطور انتاج اليورانيوم في العالم.

١ ـ طريقة الإنتشار الغازي

تعد هذه الطريقة من أقدم الطرق المستخدمة في تخصيب اليورانيوم، وتعتمد على الحركة التفضيلية للجزيئات الأقل كتلة عند مرورها خلال حاجز مسامي يقع بين وسطين يختلف الضغط بينهما وتتم عملية الفصل في جهاز يزود باليورانيوم في شكل غازي هو سادس فلوريد اليورانيوم (UF_6) ، شكل (٣) . ويحدث الفصل بتوظيف فارق الضغط لينتشر الغاز من خلال المسامات الموجودة على سطح أنبوب التزويد، فالغاز المتكون من جزيئات مختلفة تتوزع طاقته بالتساوي بين جزيئاته، وعند تساوي الطاقات يكون للنظير الأخف سرعة أكبر. وكما هو معلوم من العلاقة بين الطاقة والسرعة والكتلة ($E = mv^2/2$) ،حيث E تمثل الطاقة و m تمثل الكتلة وv تمثل السرعة ، فإن الجزيئات الخفيفة تتمكن من النفاذ خلال الحاجز المسامي بدرجة أسرع من الجزيئات الثقيلة ، أي أن معدل انتشار سادس فلوريد اليورانيوم ٢٣٥ سوف يكون أسرع من سادس فلوريد اليورانيوم ٢٣٨ ، ويتم بذلك فصل نظيري اليورانيوم وتتحقق زيادة تركيز اليورانيوم ٢٣٥ . ويتطلب الوصول إلى نسبة تخصيب تصل إلى ٣٪ ـ وهي النسبة المستخدمة في

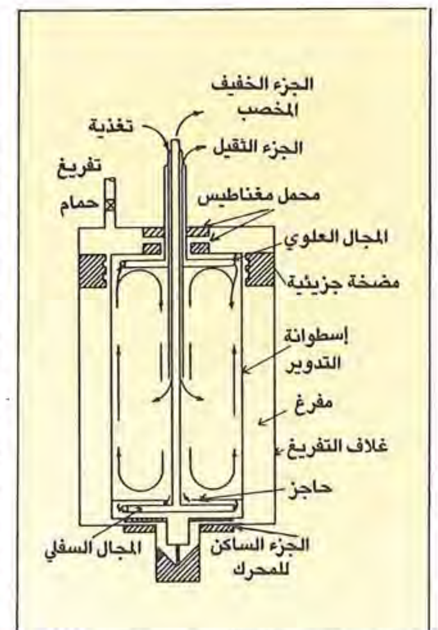


● شكل (٣) التخصيب بالإنتشار الغازي.

مفاعلات الماء الخفيف ـ توفر عدد من وحدات الفصل المرحلية تصل إلى المئات وقد تصل إلى الألف في حالة التخصيب لنسب مرتفعة بالإضافة إلى أن سادس فلوريد اليورانيوم يتفاعل مع الرطوبة ليكوّن ثاني فلوريد اليورانيل (UO_2F_2) ، وهو مركب يسبب تآكل شديد للمعادن والمواد العضوية مما يشكل عقبة تؤدي إلى تآكل الحاجز المسامي الذي يجب المحافظة على شكله الأصلي لتبقى كفاءة الفصل مرتفعة .

٢ ـ طريقة الطرد المركزي

تتلخص فكرة هذه الطريقة في أن فرق القوة المسلط على جزيئين من غاز سادس فلوريد اليورانيوم بنظيرية ٢٣٥ و ٢٣٨ تختلف باختلاف كتلة كل من الجزيئين ، إذ أن القوة الطاردة تكون أكبر على الجزيئات ذات الكتلة الأكبر . وعند دوران الغاز في اسطوانة بسرعة عالية جدا فإن النظير ذا الكتلة الكبيرة (اليورانيوم ٢٣٨) يتركز حول جدار الأسطوانة بعيدا عن المحور بينما يتركز النظير الأخف كتلة (اليورانيوم ٢٣٥) حول محور دوران الأسطوانة ، وبهذا يتم الفصل وتتحقق عملية التخصيب كما هو موضح بالشكل (٤)، ومن مميزات هذه الطريقة أنها أكثر كفاءة في تخصيب اليورانيوم إذا ما قورنت بطريقة الإنتشار الغازي ، إلا أن تكاليفها مرتفعة بسبب تعقيدات أجهزتها .



● شكل (٤) التخصيب بالطرد المركزي .

٣ ـ طريقة الفوهة

تعتمد هذه الطريقة على مبدأ الحركية الهوائية (Aerodynamic)، وهي من أكثر الطرق القائمة على هذا المبدأ تطورا ، وقد تم تطويرها في ألمانيا الغربية، ويبين الشكل (٥) آلية عمل هذه الطريقة حيث تتم تغذية جهاز الفصل المستخدم بخليط من سادس فلوريد اليورانيوم الغازي بنسبة ٥٪ مع غازات خفيفة أخرى كالهيدروجين أو الهيليوم بنسبة ٩٥٪ وذلك لتحسين كفاءة عمليات الفصل .

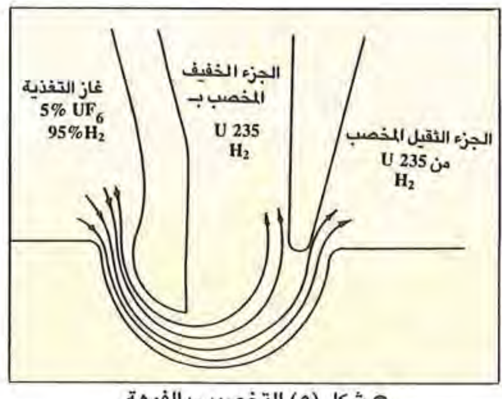
ويوفر استخدام غاز الهيليوم بديلا عن الهيدروجين أمانا أكبر ولكنه يزيد في استهلاك الطاقة بنسبة ٢٥٪ ، فعند مرور التغذية على انبعاج اسطواني تعترضها شفرة حادة ، وطبقا لمبدأ الحركية الهوائية سوف تميل الجزيئات الأثقل للتحرك قرب جدار الأسطوانة في حين تميل الجزيئات الأخف للتحرك قرب محور الأسطوانة، وهكذا تكون نسبة تركيز سادس فلوريد اليورانيوم٢٣٨ قرب جدار الأسطوانة أعلى من نسبة تركيزه بالقرب من المحور، في حين ينعكس الأمر بالنسبة لسادس فلوريد اليورانيوم ٢٣٥ الأخف . وهكذا تقوم الشفرة الحادة بفصل الغاز إلى جزئين هما الجزء القريب من الجدار الأسطواني وفيه تقل نسبة سادس فلوريد اليورانيوم ٢٣٥، والبعيد من الجدار وفيه تزيد نسبة سادس فلوريد اليورانيوم ٢٣٥ .

٤ ـ طريقة الدوامة

وهي طريقة ثانية تعتمد على مبدأ الحركية الهوائية وتتشابه فكرتها مع الطريقة السابقة، وطبقا لهذه الطريقة يتم الفصل بطريقة مشابهة للطريقة السابقة وذلك بتمرير خليط من غاز سادس فلوريد اليورانيوم والهيدروجين في دوامة غازية، وقد تم تطوير طريقة مشابهة لهذه الطريقة أيضا تسمى الهليكون (Helikon Process) في جنوب افريقيا . وهناك طريقة أخرى تعمل على نفس المبدأ تسمى طريقة فين شوك (Fenn Shock) لم ينشر عنها إلا القليل ولم يتم التأكد من جدوى استخدامها .

٥ ـ طريقة الليزر

تعد طريقة الليزر لتخصيب اليورانيوم

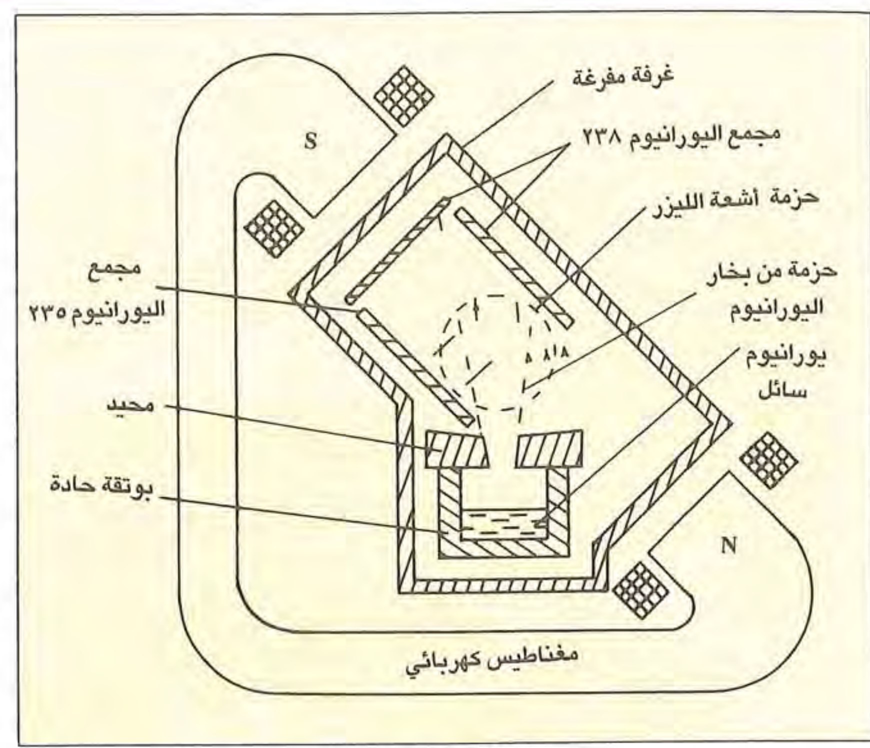


● شكل (٥) التخصيب بالفوهة .

من أفضل الطرق وأحدثها، وهي طريقة تستخدم بخار اليورانيوم الطبيعي أو أحد مركباته ، وتعتمد على فرق الطيف الذري لليورانيوم٢٣٥ عن اليورانيوم ٢٣٨ ، وهذا الفرق ينتج بسبب فرق الكتلة بين نواتي النظيرين مما يسبب اختلافا بسيطا في مدارات الالكترونات بينهما . ويمكن التحكم في طول موجة الليزر بحيث تكون الموجة قادرة على تأيين (أي فصل الكترون) جزيئات اليورانيوم ٢٣٥ دون تأيين جزيئات اليورانيوم ٢٣٨ . وعند تأيين جزيئات اليورانيوم ٢٣٥ يؤثر المجال المغناطيسي على هذه الجزيئات عند تحركها عموديا عليه فتنحرف جزيئات اليورانيوم ٢٣٥ دون أن تنحرف جزيئات اليورانيوم الثقيل وبذلك يتم الفصل بفعالية كبيرة ، شكل (٦). ومن مميزات هذه الطريقة ارتفاع درجة التخصيب والتي قد تصل إلى ٥٠٪ من مرحلة واحدة وكذلك انخفاض تكاليف التخصيب بالمقارنة مع الطرق الأخرى إلا أنها تقنية عالية ليس من السهل الحصول عليها .

٦ ـ الطرق الكيميائية

هناك عدد من الطرق الكيميائية يعتمد بعضها على فصل النظائر بوساطة التوازن الطوري (Phase Equilibrium) أو على الإختلافات البسيطة في درجة التطاير بين أطوار المادة المختلفة الصلبة والسائلة والغازية . فعند وجود كمية من سادس فلوريد اليورانيوم فإنه يحوي نسبة كبيرة من اليورانيوم ٢٣٨ ونسبة قليلة من اليورانيوم ٢٣٥ ، وحيث أن درجة تطاير سادس فلوريد اليورانيوم ٢٣٥ أكبر من درجة تطاير سادس فلوريد اليورانيوم



● شكل (٦) التخصيب بالليزر .

٢٣٨ يمكن استخـدام هـذه الظـاهـرة في عمليات التخصيب .

لعـقد مقـارنة مـن الناحـية الفـنية بين طـرق التخصيب المختلفـة يمكن النظـر في الجدول (١) ومـلاحظة بعض الفـوارق بين التقنيـات المختلفـة ، وحيث يتبين أن تقنيـة الليـزر هي الأفضل فإن طـريقة الإنتشـار الغـازي في المقـابل تعد الأسـوأ من نـاحيـة درجة التخصيب والطـاقة المستهلكـة، وهذا تعبير واضح عن التقدم العلمي الـذي حدث في مجال التخصيب ، حيـث أن طـريقـة الإنتشار الغازي من أقدم الطرق المستخدمة بينما طريقة الليزر تعد الأحدث .

تصنيـــع الوقـــود

تعتمـد خطوات تصنيع الوقود على نوع الوقـود المطلوب وعلى نـوع المفاعـلات التي سيتم استخـدامـه فيهـا، فبعـد أن يـوضـع التصميم النهائي للـوقود المراد استخـدامه تبدأ عمليـات التصنيع. ففي مفـاعلات الماء الخفيـــف (Light water reactor) يتـــم تحويل سادس فلوريد اليورانيوم المخصب بنسبـة ٣٪ إلى ثـاني أكسيـد اليـورانيـوم (UO_2) على شكل مسحـــوق يتـم كبســـه لتكوين كبسـولات صغيرة الحجم يبلغ قطر الواحدة منهـا ٠,٨٢ سم وطولها ١,٢٤ سم تقـريبـا . وبعد إجـراء عـدد من العمليـات الصناعية عليها لـوضعها في الشكل النهائي وعـدد من الإختبـارات للتأكـد من جـودتها النوعية يتم رصهـا في أنابيب تسمى الأغلفة (Cladding) مصنـوعـة مـــن سبائـك الزركـونيوم (Zircaloy) حيث تصبـح على شكـل قضـبان مـــن الوقـود توضــع في مجـموعات لتكون منظـومـات الـوقـــود (Fuel Assembly) التي تصبح جـاهـــزة للإستخدام في المفاعلات .

إن مـن أهـم الخصائص التي يجـب أن يحققها الـوقود المستخدم في المفـاعلات هي قـابليتـه لتحمل درجـات الحرارة العـاليـة داخل المفـاعـلات وكـذلك الإستقـرار في خـواصه الآليـة والكيميـائية وأن لا يكـون هـدفا سهـلا للتفـاعـلات الكيميائيـة وعلى الأخص التفـاعلات التي تـؤدي إلى عمليات التـآكل وكـذلـك تحملـه لظـروف التشعيع الشديدة بـالإشعاعات المختلفة وثبـات مدة وجوده داخل المفـاعل لضمان عدم وصـوله للمبردات المستخدمـــة وتلـويثهـــا بـالمواد المشعـة ، وتتطلب هـذه الخصـائص وضع مواصفـات عالية للـوقود المطلـوب وإجراء عـدد من الإختبـارات الـدقيقـة للتأكـد من جودته النوعية .

النفايـــات المشعـــة

يصبـــح الوقود المسـتهلك بعد أن يتـم إخـراجـه من قلب المفـاعل وقـودا مشعـا تتراكم داخل غلافه كميـات كبيرة من نواتج الإنشطار المشعة، ويصـدر فيضا هائلا من جسيمات بيتا وإشعـاعـات جاما بالإضـافة للحـــرارة العـاليـــة. وللتقليل من أخطـــار الإشعاع وخفض درجة حـرارة الوقود ، يتم وضـع منظومات الـوقود في أحواض من الماء صممت لهذا الغـــرض لمدة زمنيـــة تصل لسنتين حيث تبدأ الإشعاعات بالإضمحلال والحرارة بـالإنخفـاض ، بعـد ذلك ينقل إلى وحدات معالجة الوقود المستهلك .

تسعى الـدول المتقـدمة والمستخـدمـة للطاقة النووية جاهدة في البحث عن تقنيات تستطيع بها معـــالجة النفـايـــات المشعـة الناتجة من محطـات الطاقة النـووية، إلا أن المشكلة أكـبر من أن تخضع لحـل سـريـع وعـاجل بعـد أن تراكمـت لسنوات عـديـدة النواتج المشعة للمفاعلات، وستظل القضية الكبرى للصناعـة النوويـة هي التخلص من النفايـات المشعة ما لم تـوجد طريقـة عملية وآمنة تكفي الإنسان وبيئته شر أخطارها .

وجه المقارنة	الانتشار الغازي	الطرد المركزي	الديناميكا الهوائية	تقنية الليزر
درجة التخصيب	منخفض	مرتفـــع	متوســـط	عالـــي
الضغط المستخدم	متوسـط	منخفض	متوســـط	منخفض جداً
المخزون المطلوب	عالـــي	منخفض	منخفـــض	منخفـــض
الطاقة المستهلكة	كبيره جداً	قليـــل	كبـــيرة	قليل جـــداً

● جدول (١) مقارنة طرق التخصيب المختلفة .



ابن البيطار

إعداد
عياد بن صحن المطيري

لا أحد ينكر ما للعرب والمسلمين من فضل كبير على الحضارة الحديثة لمساهمتهم الفعالة في إيجاد نهضة علمية رائعة جعلت منهم رواد ومعلمي العالم ، حيث ترجموا كتب القدامى في شتى العلوم والفنون ، واخرجوا لنا كنوزاً قل أن يوجد لها مثيل في العالم ولولا الله سبحانه وتعالى ثم العرب والمسلمين لتأخر ركب الحضارة سنين عديدة ولما وصلت إلى ما نشاهده عليها الآن من تقدم ورقي، ومن أولئك العلماء الذين أضاءوا الدنيا وبددوا دياجير الجهل والظلام والتخلف العالم المسلم ابن البيطار .

وهو أبو محمد عبد الله بن أحمد ضياء الدين الأندلسي المالقي العشاب المعروف بابن البيطار كان مولده في أواخر القرن السادس الهجري من أسرة ابن البيطار في مالقه، أما وفاته فكانت فجأة في دمشق في منتصف القرن السابع الهجري ، وهو أشهر عالم نباتي درس علم النبات على أستاذه أبو العباس أحمد بن محمد بن فرج النباتي المعروف بابن الرومية وصحبه في تنقلاته في جمع النباتات من ريف أشبيلية، وقد فاق ابن البيطار أستاذه في هذا المجال . يقول د.عبد الحليم منتصر في كتابه (تاريخ العلوم ودور العلماءالعرب في تقدمه):«..كان من شيوخه في علم النبات ، أبو العباس النباتي الذي كان يجمع النباتات من منطقة أشبيلية ..» كما يذكر د. عبد الله الدفاع في كتابه (إسهام العلماء العرب والمسلمين في علم النبات)نقلاً عن أنور الرفاعي في كتابه (الإسلام في حضارته ونظمه) أنه قال : «فاق ابن البيطار أستاذه أبا العباس ابن الرومية وأصبح علماً من أعلام النبات..»

وقد أصبح أشهر عالم نباتي وصيدلاني له باع طويل ودراية واسعة في علم النبات على اختلاف أنواعه وتعدد أسمائه وصفاته ومواقعه ،يقول عمر رضا كحالة في كتابه (العلوم البحته في العصور الوسطى):«..كان أوحد زمانه في معرفة النبات وتحقيقه واختياره ومواضع نباته ونعت أسمائه على اختلافها وتنوعها ..»، كما يضيف قدري حافظ طوقان قائلا :« ضياء الدين ابن البيطار هو الحكيم الأجل العالم النباتي المالقي .. أوحد زمانه وعلامة وقته في معرفة النبات وتحقيقه واختياره ومواضع نباته ونعت أسمائه على اختلافهاوتنوعها ..» ويضيف د. عبد الله الدفاع في كتابه (اسهام علماء العرب والمسلمين في علم النبات) نقلا عن سيد حسين نصر في كتابه (العلوم والحضارة في الإسلام) « أن ابن البيطار أعظم عالم مسلم في علم النبات والعقاقير، ولقد طغت سمعته الواسعة على جميع الصيادلة في القرون الوسطى . وبدون شك فهو أعظم صيدلي منذ عصر ديسقوريدس حتى العصر الحديث »

وقد سافر ابن البيطار في سبيل جمع معلومات وافية عن النباتات إلى بلدان الساحل الشمالي لافريقيا وبلاد الإغريق وأقصى بلاد الروم في آسيا الصغرى وأخذ عن علماء كثيرين في هذا المجال . يقول عمر رضا كحالة في كتابه (العلوم البحتة في العصور الوسطى):- « ... سافر إلى بلاد الإغريق وأقصى بلاد الروم في آسيا الصغرى ولقي جماعة يعانون علم النبات وأخذ عنهم معرفة علم النبات وعاين متابعة وتحقق ماهيته ، وأتقن دراية كتاب ديسقوريدس إتقانا عظيما..» ، كذلك يقول أيضا قدري حافظ طوقان في كتابه (العلوم عند العرب ...): « سافر الى بلاد اليونان وتجول في المغرب ومصر والشام رغبة في العلم وجمع الحشائش والنباتات ، واجتمع هناك الى بعض الذين يعنون بالتاريخ الطبيعي .. »

يمتاز ابن البيطار بأنه ذو عقلية فذة وعبقرية نادرة وعقل جوال لمَّاح مما جعله في طليعة العلماء ذوي البصمات الواضحة في الثقافة الإسلامية العربية . يقول قدري حافظ طوقان في كتابه (العلوم عند العرب:- « ابن البيطار أعظم عالم نباتي ظهر في القرون الوسطى ومن أكثر العلماء إنتاجا ، درس في بلاد مختلفة وكان لملاحظاته الخاصة وتنقيحاته القيمة الأثر الكبير في السير بهذا العلم خطوات واسعة ».

والدليل على دقة بحثه و شدة ملاحظته قول ابن أبي أصيبعة في كتابه :(عيون الانباء في طبقات الأطباء) :«... ولقد شاهدت معه في ظاهر دمشق كثيرا من النباتات في مواضعها وقرأت عليه أيضا تفسيرا لأسماء أدوية كتاب ديسقوريدس فكنت أجد من غزارة علمه ودراسته وفهمه شيئا كثيرا جدا وكنت أحضر لدينا عدة من الكتب المؤلفة في الأدويةالمفردةمثل كتب ديسقوريدس وجالينوس والغافقي وامثالها من الكتب الجليلة في هذا الفن فكان يذكر أولا ما قاله ديسقوريدس من نعته وصفته وأفعاله ، ويذكر ايضا جملا من أقوال المتأخرين وما

اختلفوا فيه ، ومواضع الغلط والإنتباه الذي وقع لبعضهم في نعته وكنت أراجع تلك الكتب معه ولا أجده يغادر شيئا فيها ، وعجب من ذلك أيضا إنه كان مايذكر دواء الا ويُعينُ في أي مقالة هو من كتاب ديسقوريدس وجالينوس وفي أي عدد هو من جملة الأدوية المذكورة في تلك المقالة.. ».

ولم يقتصر اهتمام ابن البيطار على استخراج الأدوية المفردة من الأعشاب بل استخرجها أيضا من الحيوانات والمعادن والأدهان . يقول د. عبد الحليم منتصر في كتابه (تاريخ العلم ودور العلماء العرب في تقدمه) :ـ « وبعد أن أورد ابن البيطار مئات من النباتات والحيوانات وعشرات من المعادن التي تتخذ منها العقاقير مسهبا في الوصف والشرح ، انتقل إلى ذكر كثير من الأدهان مثل دهن الورد ودهن النرجس ودهن القيصوم ودهن البابونج ،كما تحدث عن كثير من الأطيان (جمع طين) مثل طين ارمني وطين نيسابوري وطين كرمي ولكل فوائده واستعمالاته ..».

ولم يقتصر علم ابن البيطار على ما توصل اليه من استكشافات في علم النباتات والحيوانات والمعادن والأدهان والعقاقير ، بل اطلع على مؤلفات من سبقه ومن عاصره في هذا المجال أمثال ديسقوريدس وجالينوس والإدريسي وغيرهم وأسند جميع الأقوال التي يذكرها عن هؤلاء الى قائليها متحريا الدقة والصواب في نقله لأقوال هؤلاء فما ثبت عنده ادخره وما خالف ذلك أبقاه جانبا. يقول ابن البيطار في كتابه (الجامع لمفردات الادوية والاغذية) «واستوعبت فيه جميع ما في الخمس مقالات من كتاب الأفضل ديسقوريدس بنصه، وكذا فعلت أيضا بجميع ما أورده الفاضل جالينوس في الست مقالات من مفرداته بنصه ثم ألحقت بقولهما من أقوال المحدثين في الأدوية النباتية والمعدنية والحيوانية ما لم يذكراه ووصفت فيه من ثقافات المحدثين وعلماء النباتيين ما لم يصفاه وأسندت في جميع ذلك الأقوال إلى قائلها وعرفت طرق النقل فيها بذكر ناقلها ، واختصصت بما تم لي به الاستبداد وصح لي القول فيه وصح عندي عليه الاعتماد ».

مؤلفات ابن البيطار

من أشهر كتب ابن البيطار العديدة مايلي :ـ

١ ـ كتاب الجامع لمفردات الأدوية والأغذية

وهو أشهر كتبه على الإطلاق يقع في مجلدين كبيرين كل مجلد يحتوي على جزئين جمع فيه ابن البيطار ما يزيد على ١٤٠٠ دواء بين نباتي وحيواني ومعدني منها ٣٠٠ دواءلم يسبقه احد على تصنيفها مرتبة على حروف المعجم ،ذكر في مقدمة كتابه الأهداف التي اختارها فيه ، والواضح من أسلوبه قربه جدا من الأسلوب العلمي الحديث لأمانته العلمية في نقله ودقة اسناده لما ينقل عنه مستنداً على التجربة والبرهان. وهويعد بحق دائرة معارف شاملةقل أن تجد لها مثيل، ويحسن بنا ذكر الاهداف التي ذكرها ابن البيطار في مقدمة كتابه لكي يطلع عليها القارىءوالباحث لأهميتها كما ذكرها ابن البيطار في كتابه وهي :ـ

«الهدف الأول : بهذا الكتاب استيعاب القول في الأدوية المفردة والأغذية المستعملة على الدوام والاستمرار عند الإحتياج إليها في ليل كان أو نهار، مضافا إلى ذلك ذكر ما ينفع به الناس من شعار ودثار، واستوعبت فيه جميع ما في الخمس مقالات من كتاب الأفضل ديسقوريدس بنصه ، وكذا فعلت أيضا بجميع ما أورده الفاضل جالينوس في الست مقالات من مفرداته بنصه ثم الحقت بقولهما من أقوال المحدثين في الأدوية النباتية والمعدنية والحيوانية ما لم يذكراه ووضعت فيه من ثقافات المحدثين وعلماء النباتيين ما لم يصفاه واستندت في جميع ذلك الأقوال إلى قائلها ، وعرفت طرق النقل فيها بذكر ناقلها واختصصت بما تم لي به الاستبداد وصح لي القول فيه ووضح عندي عليه الاعتماد.

الهدف الثاني : صحة النقل فيما أذكره عن الأقدمين وأحرره عن المتأخرين فما صح عندي بالمشاهدة والنظر وثبت لدي بالخُبْرُ لاالخَبرَ ادخرته كنزا سريا .وعددت نفسي عن الاستعانة بغيري فيه سوى الله غنيا وما كان مخالفا في القول والكيفية والمشاهدة الحسية في المنفعة والماهية للصواب والتحقيق أو إن ناقله عدلا فيه عن الطريق نبذته ظهريا وهجرته مليا ،وقلت لقائله لقد جئت شيئا فريا ، ولم أجاب في ذلك قديماً لسبقه ، ولامحدثاً اعتمد غيري على صدقه .

الهدف الثالث : ترك التكرار حسب الامكان إلا فيما تمس الحاجة إليه لزيادة معنى أو تبيان .

الهدف الرابع : تقريب ما آخذه بحسب ترتيبه على حروف المعجم مقفى ليسهل على الطالب ما طلب من غير مشقة ولا عناء ولا تعب .

الهدف الخامس : التنبيه على كل دواء وقع فيه وهم أو غلط لمتقدم أو متأخر لإعتماد أكثرهم على الصحف والنقل ، واعتمادي على التجربة والمشاهدة حسب ما ذكرت قبل .

الهدف السادس : في أسماء الأدوية بسائر اللغات المتباينة في السمات مع أنه لم يذكر فيه ترجمة دواء إلا وفيه منفعة مذكورة أو تجربة مشهورة وذكرت فيه كثيرا منها بما يعرف به في الأماكن التي نبتت فيها الأدوية المسطورة كالألفاظ البربرية واللاتنية وهي أعجمية الاندلس إذا كانت مشهورة عندنا وجارية في معظم كتبنا وقيدت ما يجب تقييده بالضبط وبالشكل وبالنقط تقييدا يؤمن معه من التصحيف ، ويسلم قارئه من التبديل والتحريف إذ كان أكثر الوهم والغلط الداخل على الناظرين في الصحف إنما هو في تصحيفهم لما يقرأونه أو سهو الوراقين فيما يكتبونه ».

٢ـ كتاب المغني في الأدوية المفردة في العقاقير

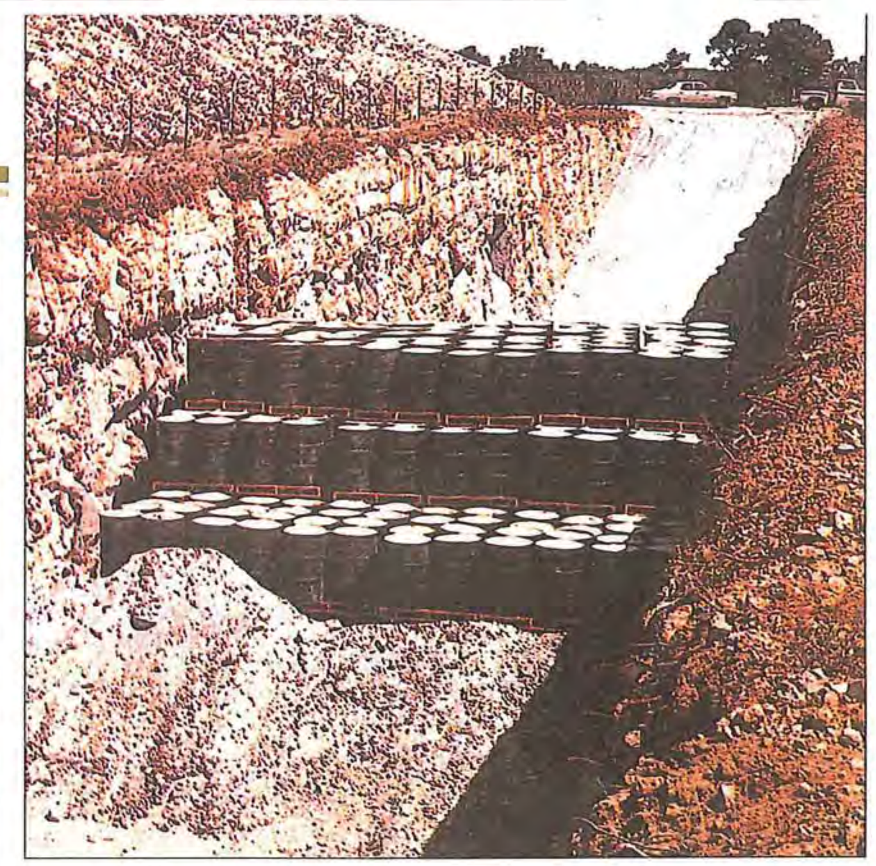
تناول فيه علاج الأعضاء ، عضوا عضوا وهي أفكار مختصرة من الأدوية الضرورية والأكثر انتشارا في عصره كي ينتفع بها الأطباء ،يقول عمر رضا كحالة في كتابه (العلوم البحتة في العصور الإسلامية) :ـ «... وكتاب المغني في الأدوية المفردة وهو مرتب بحسب مداواة الأعضاء الآلة وغير ذلك ...» .

٣ ـ كتاب الإبانة والاعلام بما في ا لمنهاج من الخلل والأوهام .

٤ ـ كتاب الأفعال الغريبة والخواص العجيبة.

٥ ـ شرح أدوية كتاب ديسقوريدس .

وبعد لقد وضح لنا اسهامات ابن البيطار العظيمة ودوره الرئيس في علم النبات والادويةوبحثه الدقيق في تقصي حقائقه والوقوف على كنهه ، ومع شديد الاسف أن يتناسى العالم العربي والاسلامي هذا العالم العبقري الفذ ، وتبقى آثاره العلمية في طور النسيان وعلى أرفف المكتبات العالمية دون بحث وتحقيق، وإخراجها لابناء الامة لكي يطلعوا على الجهد الذي بذله آباؤهم واجدادهم والذي بكل تأكيد يجهلون الشيء الكثير عنه ومنهم عالمنا هذا ابن البيطار .



النفايات المشعة

د : خالد بن محمد السليمان

واكب النمو المضطرد في استغلال الإنسان للطاقة النووية والإشعاع ، سواء كان في توليد الطاقة الكهربائية أم في مجالات حيوية أخرى كالزراعة والصناعة والطب ، تطوراً كبيراً في العلوم والتقنيات النووية . إلا أن هذا النمو لم يفلح في اقناع الكثيرين بإمكان التحكم في النواتج والآثار المترتبة على هذه التقنيات . إن قدرة الإنسان على التحكم والسيطرة على المخلفات والنفايات المشعة المتولدة عن استخدام المصادر المشعة هي إحدى تلك المواضيع التي لاتزال تثير الشكوك لدى الرأي العام في الكثير من الدول حول جدوى استغلال الإنسان للطاقة النووية ، كما أنها تقف في ذات الوقت كإحدى العقبات الأساس في وجه الاستغلال الأمثل للطاقة النووية .

يعتمد مستقبل الصناعة النووية إلى حد بعيد على مدى قدرة هذا النوع من الصناعة على اقناع الرأي العام بوجود وتوفر التقنيات الملائمة لمعالجة وتحييد النفايات المشعة .

معالم عامة

لايكاد يخلو أي أسلوب لتوليد الطاقة مثله مثل أي عملية تصنيع من توليد نفايات يجب إيجاد الطرق الملائمة لحماية الإنسان والبيئة من آثارها السلبية ، إلا أن تلك الأساليب تختلف من حالة إلى أخرى. لاسيما من حيث حجم النفايات المتولدة وخطورتها المباشرة على الإنسان والبيئة ومدى اضمحلال أو تفاقم آثارها السلبية مع مرور الزمن . فعلى سبيل المثال فإن توليد ألف ميجا وات من الطاقة الكهربائية يحتاج يوميا إلى ١٠٠٠ طن من الفحم الحجري ، وينتج عن هذه العملية انطلاق ٣٠٠ طن من ثاني أكسيد الكبريت وخمسة أطنان من الرماد الذي يحتوي على عناصر أخرى مثل الكلور والكادميوم والزرنيخ والزئبق والرصاص بالإضافة إلى بعض العناصر المشعة . وفي المقابل ينتج عن توليد نفس الطاقة الكهربائية في محطة قوى نووية ٥٠٠ متر مكعب من النفايات في العام .

مصادر النفايات المشعة

تتنوع مصادر النفايات المشعة وفقاً لنوع العمليات التصنيعية التي تنجم عنها تلك النفايات ، ومن تلك المصادر مايلي :-

١- محطات القوى النووية .

٢- جميع عمليات ومراحل دورة الوقود النووي .

٣- إنتاج الأسلحة النووية .

٤- استخراج الخامات النووية ، مثل اليورانيوم والثوريوم .

٥- استخدام النظائر المشعة في البحث العلمي وفي الصناعة والتعدين والزراعة .

٦- الطب النووي بما فيه التشخيص والعلاج .

٧- إنتاج العقاقير والمصادر المشعة .

وعلى الرغم من أن جميع الأنشطة المرتبطة بالمصادر يتولد عنها نفايات ، إلا أن حجم هذه الأنشطة يختلف من دولة إلى أخرى ، ففي حين توجد جميع الأنشطة المذكورة في الدول الصناعية النووية ، تكاد لاتخلو دولة نامية من جميع أو معظم الأنشطة الثلاثة الأخيرة ، ويوضح الجدول (١) بعض النظائر المشعة الرئيسة التي تشكل الجانب الأكبر من النفايات المشعة .

تصنيف النفايات المشعة

ليس هناك تصنيف دولي موحد للنفايات المشعة ، حيث أن ذلك يعتمد إلى حد كبير على أنظمة كل دولة وعلى المعايير التي استخدمت كأساس لتعريف النفايات المشعة ، كما يعتمد كذلك على مدى تطور الصناعة النووية في تلك الدولة وحجم الأنشطة ونوعها .

ومن العوامل التي تدخل في تصنيف النفايات المشعة مايلي :ــ

١ـ نوع النويدات المشعة وتركيزها في النفايات .

٢ـ العمر النصفي للنويدات المشعة .

٣ـ الحالة الفيزيائية للنفايات من حيث السيولة والصلابة والغازية .

٤ـ طرق المعالجة والحفظ .

٥ـ احتمال الانتشار في البيئات المجاورة .

٦ـ مصدر النفايات .

وعلى سبيل المثال ، يعتمد القانون الأمريكي في تصنيفه للنفايات المشعة على الحد الأقصى المسموح به لتركيز النظير المشع في الهواء أو الماء ، وتبعاً لذلك تصنف النفايات المشعة إلى مايلي :ــ

(أ) نفايات ذات مستوى إشعاعي عال ،

النظيـــر	العمر النصفي (سنـــة)	نوع الاشعاع الصـــادر
سترنشيوم ٩٠	٢٩	بيتا
يود ١٢٩	$١,٦ \times ١٠^{٧}$	بيتا
سيزيوم ١٣٥	٢×١٠^{٦}	بيتا وجاما
سيزيوم ١٣٧	٣٠	بيتا وجاما
تكنيتيوم ٩٩	٢×١٠^{٥}	بيتا
ثوريوم ٢٢٩	٧٣٤٠	ألفا
ثوريوم ٢٣٠	$٧,٧ \times ١٠^{٤}$	ألفا
نبتونيوم ٢٣٧	$٢,١ \times ١٠^{٦}$	ألفا
بلوتونيوم ٢٣٩	٢٤٠٠٠	ألفا
بلوتونيوم ٢٤٠	٦٥٨٠	ألفا
امريسيوم ٢٤١	٤٦٠	ألفا
امريسيوم ٢٤٣	٧٣٧٠	ألفا
كيوريوم ٢٤٣	٣٢	ألفا
كيوريوم ٢٤٤	١٨	ألفا
نيكل ٥٩	٨×١٠^{٤}	السينية (x)
نيوبيوم ٩٤	٢×١٠^{٤}	بيتا وجاما
كوبلت ٦٠	٥,٣	جاما

● جدول (١) النظائر المشعة الرئيسة التي تشكل الجانب الأكبر من النفايات المشعة .

وتشمل بعض نواتج تصنيع الأسلحة النووية وجميع نواتج دورة الوقود النووي، ومخلفات محطات القوى النووية مثل الوقود النووي المستنزف .

(ب) نفايات مابعد اليورانيوم ، وتشمل النويدات الباعثة لجسيمات ألفا والتي يزيد عددها الذري على ٩٢ ويزيد عمرها النصفي على خمسة أعوام ويزيد تركيزها على $٣,٧ \times ١٠^{٦}$ بيكرل/كجم ، وينتج هذا النوع من النفايات بشكل رئيس أثناء عمليات إنتاج الأسلحة النووية .

(ج) نفايات ذات مستوى منخفض، وتشمل تقريباً جميع أنواع النفايات الأخرى التي لاتقع ضمن التصنيفين السابقين ، مثال ذلك جميع المواد التي استخدمت في أية عملية تضمنت مصدراً مشعاً ، مثل الملابس والقفازات والحقن وأدوات التنظيف والسوائل التي تحتوي على مواد مشعة .

ومن عيوب هذا التصنيف عدم الأخذ في الحسبان العمر النصفي للنويدات والحالة الفيزيائية للنفايات المشعة ، وهي من الأمور التي تعتمد عليها طرق حفظ ومعالجة تلك النفايات إعتماداً كبيراً . لذا فقد لجأت العديد من الدول والمنظمات الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع إلى تصنيف النفايات المشعة آخذة في الحسبان الطرق المقترحة لحفظها ومعالجتها والتخلص منها ، وعلى ضوء ذلك فإن النفايات المشعة تصنف إلى ما يلي : ــ

● نفايات ذات مستوى إشعاعي عال ، وهي النفايات المشعة الناتجة عن الوقود النووي المعالج أو المستنزف ، وتتميز بأنها ذات أعمار نصفية طويلة وينبغي حفظها في مطامير دائمة .

● نفايات ذات مستوى إشعاعي متوسط ، وتنتج عن عمليات إنتاج او استخدام بعض النظائر المشعة . و في حين أنه يمكن تصنيف النفايات السائلة ذات المستوى الإشعاعي المتوسط اعتمادا على الأنشطة الإشعاعية للنفايات وطرق معالجتها ، إلا أن الأمر أكثر تعقيدا في حالة النفايات المشعة الصلبة، حيث يجب الأخذ في الحسبان ــ إلى جانب العوامل السابقة ــ نوع الإشعاع الصادر والعمر النصفي للمادة وسميتها الإشعاعية، بالإضافة إلى العوامل التي يجب مراعاتها عند الحفظ . فعلى سبيل المثال ـ ولأغراض التخلص من النفايات ـ فإن النفايات المشعة السائلة المتوسطة المستوى هي تلك التي يزيد نشاطها الإشعاعي عن ٣,٧ جيجا بيكرل في المتر المكعب .

مستوى الإشعاع	نشـــاط المركــــب	المعالجـــة والحفـــظ
منخفـض	أقل من ٣٧ كيلو بيكرل	لايحتاج إلى معالجة ، ويمكن إطلاقه في الجو
	أكثر من ٣٧ كيلو بيكرل وأقل من ٣٧ ميجا * بيكرل	يحتاج إلى معالجة ولكن لايحتاج إلى حواجب إشعاع
	أكثر من ٣٧ ميجا بيكرل وأقل من ٣,٧ جيجا ** بيكرل	يحتاج إلى معالجة ، وقد يحتاج إلى حواجب إشعاع
متوسـط	أكثر من ٣,٧ جيجا بيكرل إلى ٣٧٠ تيرا *** بيكرل	يحتاج إلى معالجة وحواجب في جميع الحالات

● جدول (٢) تصنيف النفايات السائلة ذات المستوى الإشعاعي المنخفض والمتوسط .

* ميجا = مليون وحدة . ** جيجا = ألف مليون وحدة . *** تيرا =مليون مليون وحدة .

● نفايات ذات مستوى إشعاعي منخفض، وتشمل جميع النفايات التي لا تدخل ضمن التصنيفين السابقين ، وتشكل الجزء الأكبر من النفايات المشعة ، حيث تصل في بعض الأحيان إلى ما يزيد عن ٧٠٪ من إجمالي النفايات . وتنتج بشكل أساس من استخدام النظائر والمصادر المشعة في الطب والبحث العلمي والتطبيقات الصناعية .

ويوضح الجدول (٢) تصنيف النفايات السائلة ذات المستوى الإشعاعي المنخفض والمتوسط ، في حين يوضح الجدول (٣) تصنيف النفايات المشعة الصلبة ذات المستوى الإشعاعي المنخفض والمتوسط .

أما فيما يتعلق بالنفايات المشعة الغازية فنظراً إلى أن نطاق النشاط الإشعاعي لها يكاد يكون محدودا ، وبالتالي قلة طرق معالجتها ، فإنه لا يمكن اعتماد التصنيفات السابقة الذكر في حالة النفايات المشعة الغازية، حيث يتم التصنيف حسب مستوى النشاط الإشعاعي الكلي لكل وحدة كجم. ويوضح الجدول (٤) تصنيف النفايات المشعة الغازية .

إدارة النفايات المشعة

إن الهدف الأساس لأي برنامج لإدارة النفايات المشعة والتحكم فيها هو الوصول إلى الوضع الذي يضمن حماية الإنسان والبيئة من مضار تلك النفايات ، وقد يعني ذلك - لاسيما في بعض حالات النفايات ذات المستوى الإشعاعي المنخفض - معالجتها ثم إطلاقها في البيئة ، حيث أن معالجتها أو حفظها أو كلاهما قد تؤدي إلى خفض مستواها الإشعاعي إلى حد يقل عن مستواها الإشعاعي الطبعي في البيئة، يعني ذلك أيضاً الاضطرار إلى حفظ تلك النفايات لمئات أو آلاف السنين ، ويبرز ذلك جلياً في حالة النفايات ذات المستوى الإشعاعي العالي .

ولايعني اصطلاح « حماية الإنسان والبيئة » بالضرورة عدم احتمال وجود الخطر ، ولكن قد يعني أن ذلك الاحتمال قابل للمواجهة والمعالجة ، أو أن الفائدة للمجتمع من تحمل وجوده تبرر بقاءه .

م	مستوى الإشعاع	عمر النصف	الصفـــــــات
١	متوســـط	طويـــل	بيتا وجاما متوسطة ، ألفا كبيرة ، سمية إشعاعية متوسطة
٢	متوســـط	قصـــير	بيتا وجاما متوسطة ، ألفا قليلة جداً ، سمية إشعاعية متوسطة
٣	منخفـــض	طويـــل	بيتا وجاما منخفضة ، ألفا كبيرة ، سمية إشعاعية منخفضة إلى متوسطة
٤	منخفـــض	قصـــير	بيتا وجاما منخفضة ، ألفا قليلة جداً ، ذات سمية إشعاعية منخفضة

● جدول (٣) تصنيف النفايات المشعة الصلبة ذات المستوى الإشعاعي المنخفض والمتوسط .

مستوى الإشعاع	النشاط الإشعاعي (كيوري / متر مكعب)	المعالجـــة
منخفض	أقل من ١ × $١٠^{-١٠}$	لاتعالج وتطلق مباشرة
متوسط	أكبر من ١ × $١٠^{-١٠}$ وأقل من ١ × $١٠^{-٦}$	يمر على مرشحات ثم يطلق
عالـــي	أكبر من ١ × $١٠^{-٦}$	تعالج بطرق مختلفة

● جدول (٤) تصنيف النفايات المشعة الغازية .

ويمكن التخلص من النفايات المشعة حسب مستواها الإشعاعي كمايلي :-

١- النفايات ذات المستوى العالي

هناك عدة طرق مقترحة لحفظ النفايات ذات المستوى الإشعاعي العالي ، وإضافة إلى أن الكثير منها لايزال في طور التجربة فهي باهظة التكاليف ، ومن هذه الطرق مايلي :-

(أ) الدفن في مطامير دائمة في أعماق مختلفة وفي تكوينات جيولوجية مستقرة .

(ب) تغيير التركيب الذري من خلال قذف النفايات بجسيمات في معجلات أو مفاعلات انشطارية أو اندماجية .

(ج) الدفن تحت الجليد في أعماق بعيدة تحت المحيط المتجمد .

(د) الطرح في الفضاء الخارجي .

(هـ) الدفن تحت قاع المحيطات .

ومن الجدير ذكره أن الدفن في تكوينات جيولوجية مستقرة لايزال هو الطريقة التي تحظى باهتمام الكثيرين في الوقت الحاضر ، ويجب عند تبني هذه الطريقة الأخذ في الحسبان عوامل عديدة مثل نوع الصخور ونشاط الزلازل في المنطقة والتكوينات المائية الموجودة في المنطقة أو القريب منها ، بالإضافة إلى العوامل النفسية وتقبل الرأي العام لوجود مثل هذه المدافن .

وللتدليل على مدى تأثير العوامل النفسية وتأثير الرأي العام في مثل هذا المجال يجدر بالذكر هنا أنه لايوجد في الولايات المتحدة الأمريكية في الوقت الحاضر أي مدافن دائمة للنفايات ، حيث لاتزال تحفظ بصورة مؤقتة في ٦٠ مُوقعاً تمثل مواقع محطات للقوى النووية ، ويتوقع أن يصل هذا الرقم إلى أكثر من ٤٠ ألف طن في عام ٢٠١٠م .

٢- النفايات ذات المستوى الإشعاعي المتوسط والمنخفض

ويمكن التخلص من أثرها الإشعاعي حسب حالتها سواء أكانت سائلة أم صلبة حسب مايلي :-

(أ) النفايات المشعة السائلة

تُحدد عادة الجهة المختصة بالحماية من الإشعاع في كل دولة مستوى النشاط الإشعاعي الذي يجب أن تصل إليه النفايات المشعة السائلة قبل السماح بالقائها في شبكة الصرف الصحي العامة . وتمر عملية إدارة النفايات المشعة السائلة خلال الخطوات والمراحل التالية :ـ

● التجميع : ويعمل به في حالة كون النفايات المشعة السائلة ذات مستوى إشعاعي منخفض ولكن أعلى من المسموح به من الجهه المختصة لإلقائه في شبكة الصرف الصحي العامة ، فإنه يتم تجميعها في أوعية من البلاستيك ذات أحجام مختلفة، أو أوعية زجاجية في حالة وجود مواد عضوية عالقة ، ويتم بعد ذلك القياس الدوري لمستوى الإشعاع ، وعند وصوله إلى المستوى المسموح به فإنه يتم تصريف النفايات من خلال شبكة الصرف الصحي .

وعندما يكون حجم النفايات كبيرًا جداً يتم حفظها في خزانات متصلة بعضها ببعض ، وعندما يمتلىء أحد الخزانات يتم تحويل النفايات إلى خزان آخر، وتتم مراقبة المستوى الاشعاعي في الخزانات السابقة .

● المعالجة : في حالة احتواء النفايات السائلة على نويدات ذات عمر نصفي طويل فإن ذلك يستدعي معالجتها قبل التخلص منها . و المعالجة الكيميائية هي الأكثر شيوعاً ، وتستخدم فيها طرق مشابهة لتلك التي تستخدم في معالجة المياه، مثل الترسيب والتبخير والتبادل الأيوني . وتتميز هذه الطرق بكلفتها القليلة وإمكان معالجة عدد كبير من النويدات المشعة .

(ب) النفايات المشعة الصلبة

فيما يتعلق بالنفايات المشعة الصلبة فإنها تمر خلال المراحل التالية :ـ

● التجميع والفصل : حيث يتم تحديد مركز للتجميع تجلب إليه النفايات الصلبة ومن ثم يتم فرزها وتصنيفها من حيث قابليتها للاحتراق من عدمه ، ومن حيث قابليتها لانكماش الحجم ، وذلك لتسهيل المعالجة والتخلص ، كما يتم فرز تلك التي لاتزال نشطة إشعاعياً من غيرها .

● المعالجة : وتشمل مايلي :ـ

* الحفظ المؤقت : وذلك في حالة النفايات التي تشمل نويدات ذات عمر نصفي قصير والتي يمكن حفظها حتى وصول نشاطها الإشعاعي إلى الحد المسموع به من قبل الجهة المختصة لاعتبارها مادة غير نشطة .

* الحرق : ويؤدي إلي تخفيض شديد في حجم هذه المواد ، وبالتالي إلى سهولة الحفظ إلا أن ذلك لايخفض من المحتوى الإشعاعي الكلي .

* الدفن : ويعد أكثر الطرق شيوعاً بالنسبة للمواد الصلبة التي يصعب اعتبارها أوتحويلها إلى نفايات عادية . ويتم الدفن في مدافن مفتوحة ، أو في مدافن مغلقة قريبة من السطح ، شكل (١) .



● شكل (١) المدافن المفتوحة للمخلفات ذات النشاط الإشعاعي المنخفض .

غاز الرادون وتأثيراته البيئية

د. سمير عبد المجيد

يحظى غاز الرادون بأهمية متزايدة في الأوساط العلمية لما يعتقد من تأثيره على الصحة اذ أنه مصدر من مصادر الإشعاع التي يمكن أن تدخل الجسم البشري عن طريق التنفس. وقد اهتمت به الهيئات المعنية بالبيئة إهتماما واضحاً ، وصنعت أجهزة لقياسه. ووضعت الحكومات المختلفة حدودا لتركيزه في الهواء وأوصت بعدم بناء منازل في المناطق التي يزداد تركيزه فيها .

يصنف الرادون على أنه من الغازات الخاملة (مثل الهيليوم والنيون والارجون) والتي لاتتفاعل كيميائياً ، وهو مع ذلك أكثر حركة من كثير من الغازات المعروفة ، فهو يخرج من عمق عدة أمتار من الأرض خلال الشقوق الأرضية وينتشر في هواء المنازل حيث يدخل هو أو سلالته الى الرئة.

الرادون وسرطان الرئة

بدأ الإهتمام بالرادون في الثلاثينيات عندما لوحظ زيادة الإصابة بسرطان الرئة لدى عمال المناجم، حيث تزداد نسبة تركيزه في هواء كهوف المناجم. وفي الخمسينيات قدمت دراسات تثبت أن سبب الزيادة الملحوظة في السرطان ليس الرادون بالدرجة الأولى بل سلالته، فكون الغاز مشعا لجسيمات يعني أنه يتحول إلى عنصر آخر عند إطلاق هذه الجسيمات. والجسيمات المنطلقة من الرادون هي جسيمات الفا الثقيلة الوزن نوعا ما. والعنصر الذي يتحول إليه الرادون هو بدوره عنصر مشع يطلق جسيمات أخرى ليتحول إلى عنصر آخر، وهكذا إلى أن نصل في نهاية المطاف إلى عنصر الرصاص غير المشع ، وهذا هو المقصود بالسلالة. وسلالة الرادون من النظائر المشعة ليست خاملة كالرادون، بل تلتصق بدقائق الغبار الصغيرة العالقة في الهواء الجوي وعند تنفس هذه الدقائق فإنها تدخل إلى الجهاز التنفسي ، وقد يتم إيقاف وتصفية الدقائق الأكبر حجما في الأنف أو الجزء العلوي من الجهاز التنفسي إلا أن الدقائق الصغيرة تصل إلى الشعب الهوائية الدقيقة وتلتصق بالغشاء المخاطي وتبقى لفترة معينة قبل أن يطردها الجسم، كما تصل بعض الدقائق إلى الحويصلات الهوائية في نهاية الشعب الدقيقة لتبقى فترة طويلة فيها أو تنقل للدم. وتقذف الدقائق المترسبة في الشعب الهوائية الدقيقة وفي الحويصلات جسيمات الفا ــ الثقيلة نوعاً ما ـ التي تبدد طاقتها في منطقة موضعية صغيرة مسببة تأينا كثيفا في ذلك الموضع مما يؤدي إلى تلف الخلايا الحية في هذا الموضع أو إحداث تغيرات في صفاتها الوراثية . وتقدر الجرعة الإشعاعية لسلالة الرادون بحوالي ٥٠٠ ضعف جرعة الرادون ذاته في بعض الحالات .

مصادر وصفات الرادون

هناك نظائر مشعة كثيرة موجودة في البيئة بصفة طبعية تطلق الإشعاعات بصورة مستمرة. فهناك ثلاث سلاسل أساس تبدأ كل منها بنظير معين يتحلل إلى نظائر أخرى مشعة منها الرادون وتنتهي بنظير غير مشع أي مستقر. تبدأ السلسلة الأولى بنظير اليورانيوم ٢٣٨، والثانية بالثوريوم ٢٣٢، والثالثة باليورانيوم ٢٣٥. ويبين الجدول (١) سلسلتي اليورانيوم والثوريوم وهما الأكثر وفرة في الطبيعة كما يبين عمر النصف لكل نظير فيها ونوع الاشعاعات الصادرة منه .

وتوجد عناصر السلاسل الإشعاعية الطبعية التي تنتج الرادون بصورة رئيسة في التربة، لذلك تعد التربة المصدر الرئيس لغاز الرادون . ويزداد الرادون في المناطق الصخرية خاصة في الصخور البركانية والجرانيتية بسبب وجود كميات كبيرة نسبيا من اليورانيوم والثوريوم فيهما مقارنة بالتربة الرسوبية. لذلك يزداد تركيزه بصورة عالية في المناجم عموما وإن لم تكن مناجم لليورانيوم . فقد وجد مثلا أن تركيزه في مدينة واشنطن ١٢ ضعف تركيزه في الاسكا. وهناك تفاوت يومي كبير في التركيز قد يصل إلى ١٠٠ ضعف في وقت معين عنه في وقت آخر ، وللضغط الجوي ودرجة الحرارة أثر كبير على تركيزه ، فإذا قل الضغط الجوي عموما أدى ذلك إلى زيادة إطلاق الغاز من التربة، ويفوق تركيز الرادون تحت سطح التربة تركيزه في هواء الغرفة بمئات المرات، لذلك فإنه في حالة انخفاض الضغط داخل الغرفة بسبب سحب الهواء إلى الخارج مثلا بآلات لسحب الهواء، أو ارتفاع درجة حرارة الغرفة أعلى من الخارج، فإن الرادون يُسحب من التربة بمعدل أسرع .

وينخفض تركيز الرادون بازدياد الرطوبة في الجو أو بالمطر، وقد لوحظ أن

النظير	الإشعاع الرئيس	عمر النصف
سلسلة اليورانيوم		
يورانيوم ٢٣٨	ألفا ، جاما	٤,٥ × $١٠^{٩}$ سنة
ثوريوم ٢٣٤	بيتا ، جاما	٢٤ يوماً
بروتاكتينوم ٢٣٤	بيتا ، جاما	١,٢ دقيقة
يورانيوم ٢٣٤	ألفا ، جاما	٢,٥×$١٠^{٥}$ سنة
ثوريوم ٢٣٠	ألفا ، جاما	٨ × $١٠^{٤}$ سنة
راديوم ٢٢٦	ألفا ، جاما	١٦٢٢ سنة
رادون ٢٢٢	ألفا ، جاما	٣,٨ يوم
بولونيوم ٢١٨	ألفا	٣,٠٥ دقيقة
رصاص ٢١٤	بيتا ، جاما	٢٦,٨ دقيقة
بسموث ٢١٤	ألفا ، بيتا	١٩,٧ دقيقة
بولونيوم ٢١٤	ألفا ، جاما	١٦,٤×$١٠^{٤}$ ثانية
رصاص ٢١٠	بيتا ، جاما	٢٢ سنة
بسموث ٢١٠	ألفا ، بيتا	٥ أيام
بولونيوم ٢١٠	ألفا ، جاما	١٣٨ يوم
رصاص ٢٠٦	مستقر	—
سلسلة الثوريوم		
ثوريوم ٢٣٢	ألفا ، جاما	١,٤ × $١٠^{١٠}$ سنة
راديوم ٢٢٨	بيتا ، جاما	٦,٧ سنة
اكتينيوم ٢٢٨	بيتا ، جاما	٦,١٣ ساعة
ثوريوم ٢٢٨	ألفا ، جاما	١,٩ ساعة
راديوم ٢٢٤	ألفا ، جاما	٣,٦٤ يوم
رادون ٢٢٠	ألفا ، جاما	٥٥ ثانية
بولونيوم ٢١٦	ألفا ، جاما	١٦, ثانية
رصاص ٢١٢	بيتا ، جاما	١٠,٦ ساعة
بسموث ٢١٢	ألفا، بيتا، جاما	٦٠,٥ دقيقة
بولونيوم ٢٢٠	ألفا	٣,٠٤×$١٠^{٧٠}$ سنة
ثاليوم ٢٠٨	بيتا ، جاما	٣,١ دقيقة
رصاص ٢٠٨	مستقر	—

● سلسلتي اليورانيوم والثوريوم ، إشعاعاتها وعمر النصف لها .

أعلى تركيز له يكون في الساعات الأولى من النهار وأقل تركيز في الساعات المتأخرة بعد الظهر.، كما يعتمد تركيزه على نفاذية التربة. فالتربة عالية النفاذية تسمح له بالخروج من الطبقات السفلى للأعلى . وللتهوية أثر شديد الفعالية في تركيزه بل تكاد تكون العامل الأساس في تخفيف تأثيره .

وتؤثر مواد البناء المستخدمة وخاصة الأسمنت والخرسانة على تركيز غاز الرادون داخل المنازل إذ تحتوي هذه المواد على نسب متفاوتة من اليورانيوم ٢٣٨ والثوريوم ٢٣٢ وبالتالي تمثل مصدرا مستمرا للرادون. كما يوجد اليورانيوم والثوريوم في مادة الجبس الفسفوري المستخرج من بقايا مصانع الفوسفات. لذلك يمكن أن يكون تركيز الرادون في المنازل الشعبية المبنية من الآجر والطين أقل مما في الأبنية الحديثة .

الرادون في الماء

تعد بعض مصادر المياه الجوفية العذبة المستخدمة للشرب والنظافة مصدراً مهما للرادون، حيث أن الرادون يذوب في الماء وعند مرور الماء على الصخور فإنه يسحب منه غاز الرادون . فإذا كانت الفترة الزمنية منذ ضخ المياه من تحت الأرض وحتى إيصالها إلى المنازل قليلة يكون تركيز الرادون فيها عاليا وخاصة الرادون ٢٢٢ ذو نصف العمر ٣,٨ يوماً . أما الرادون ٢٢٠ والرادون ٢١٩ فيكون مستواهما قليلاً أو معدوماً نظراً لصغر العمر النصفي لهما ، وقد ينخفض تركيز الرادون إذا خُزّن الماء فترة معينه تكفي لتفكك الرادون ٢٢٢. ومن ناحية أخرى قد توجد كميات صغيرة من الراديوم ٢٢٦ في المياه الجوفية والذي ينحدر منه الرادون ٢٢٢ . وقد وجد أن تركيز الرادون في الماء يتفاوت من مكان إلى آخر تفاوتاً يزيد على عشرات المرات، كما أنه يزداد في المياه العميقة عنه في المياه القريبة من السطح . وقد وجد كذلك أن تركيز الرادون في الماء يرتفع في حمامات المنازل عدة مرات عنه في بقية الغرف إن لم تكن هناك تهوية جيدة. ويعتقد أيضا أن لحركة المياه الجوفية دورا واضحا في زيادة نسبة الرادون داخل المناجم، اذ تصحب المياه السارية معها هذا الغاز من مناطق بعيدة إلى جو المنجم. وفي إحدى الدراسات وجد أن ٨٥٪ من الرادون ناتج من التربة و ١١٪ من الهواء خارج المنزل و ٣٪ من مواد البناء وأقل من ١٪ من الماء. إلا أنه من المؤكد أن لا تنطبق هذه الأرقام على جميع المنازل لتغير طبيعة الأرض ومواد البناء ومصادر الماء من مكان إلى آخر. ومما يجدر ذكره أن وجود الرادون في الماء لن ينتج عنه جرعة إشعاعية محسوسة للجهاز الهضمي، بل يكون تأثيره في زيادة تركز الرادون في الهواء وبالتالي تأثيره على الجهاز التنفسي. ويمكن أن يكون الغاز الطبعي المستخدم في المنازل مصدرا من مصادر الرادون أو سلالته لكونه يؤخذ من تجاويف أرضية عميقة يتسرب إليها الرادون من الصخور المجاورة. وقد وُجدت أعضاء من سلالة الرادون مترسبة على مواسير وخزانات محطات معالجة الغاز حيث قد يصحبها الغاز معه عند مروره فيها .

مستوى الإشعاع والحماية الإشعاعية

من الصعب حساب أو قياس الجرعات الإشعاعية الناتجة عن الرادون وسلالته ، وهناك نماذج حسابية مختلفة إضافة إلى نماذج عملية تجريبية لتقويم تلك الجرعات، وترجع الصعوبة في تقويم جرعات الرادون لعوامل ومتغيرات كثيرة مثل التوزيع الكتلي والحجمي لدقائق الغبار، ومعامل التصاق تلك الدقائق وأحجام الدقائق التي تدخل إلى الشعب الهوائية وحجم المنطقة التي تؤثر فيها الإشعاعات وهكذا .

حفزت الجرعات العالية من الرادون الدوائر العالمية المختصة لتقديم توصيات حول تركيزات الرادون ومستوياته،إلا أن هذه التركيزات أثارت الكثير من الجدل .

وقبل الإشارة إلى المستويات المقبولة وغير المقبولة من الرادون ينبغي توضيح بعض امور الحماية الإشعاعية، وخاصة ما يتعلق منها بالإشعاعات الطبيعية ، فالإشعاعات الطبيعية موجودة منذ وجد الإنسان والرادون جزء منها . ولقد ثبت بما لا يدع مجالا للشك أن نسبة الإصابة بالسرطان تزداد بازدياد مستوى الإشعاعات كما تزداد بازدياد عدد المتعرضين لها. فلو فرضنا أن هناك مدينة معينة تعدادها ١٠ ملايين نسمة تعرضت لمستوى معين من الإشعاعات (كالرادون مثلا) وأن هناك ١٠ حالات سرطانية تظهر سنويا نتيجة لذلك، فإن عدد حالات السرطان تقل إلى النصف أي خمس حالات لو قل مستوى الإشعاعات أو قل عدد المتعرضين للنصف . إن وجود الإشعاعات لايعني بالضرورة الإصابة بالسرطان بل إن نسبة معينة فقط هي التي تصاب به، وتزداد هذه النسبة بازدياد مستوى الإشعاعات أو بزيادة عدد المتعرضين . لذلك فإن مبدأ الحماية الإشعاعية حاليا ينص على خفض الجرعات الإشعاعية إلى أقل مستوى يمكن إنجازه عمليا .

والحدود التي أوصت بها المنظمات الدولية المختلفة للعاملين في مجال الإشعاعات والذين تقتضي مهنتهم التعرض لها هي الحدود التي تتساوى فيها مخاطر المهنة مع مخاطر المهن الأخرى. أما لعموم الجمهور من غير العاملين في مجال الإشعاعات فتقلل الحدود إلى مستويات تقل بأكثر من عشرين مرة .

والسؤال الذي يختلف في جوابه بعض المختصين هو هل نسبة الإصابة بسرطان الرئة تتناسب مع تركيز الرادون في الجو حتى عند التركيز المنخفض ؟. وهل العلاقة بين عدد الإصابات والتركيز لأي مجموعة معينة من الأشخاص هي خط مستقيم على ورقة الخطوط البيانية ؟. أي إذا تضاعف التركيز تضاعفت الإصابات ؟ .

● مصادر الرادون في المنزل .

إن الدراسات الخاصة بتركيز الرادون في هواء المناجم وإصابات سرطان الرئة لدى عمال المناجم تثبت أن العلاقة قريبة من أن تكون طردية . فقد جاء في دراسات متابعة عمال المناجم لعشرات السنين مثل الدراسة التي تمت في تشيكوسلوفاكيا وكندا والسويد أنه مهما كان تركيز الرادون قليلا فهناك احتمالات هي بدورها قليلة للإصابة بسرطان الرئة .

وقد أوصت اللجنة الدولية للحماية الإشعاعية (ICRP) وكذلك المجلس الوطني للحماية الإشعاعية في الولايات المتحدة (NCRP) بضرورة نشر توصياتها في هذا الخصوص مؤكدة ضرورة الحماية من غاز الرادون .

الحدود الإشعاعية للرادون في المنازل

أوصت اللجنة الدولية للحماية الإشعاعية بأن لا تتعدى الجرعة الإشعاعية لعموم الجمهور واحد ملِّ سيفرت في السنة وهو ما اتخذته معظم دول أوربا وهو ما يعادل ٤٠٠ بيكرل في المتر المكعب من الهواء. وقد اتخذت كثير من دول أوربا مستوى ١٠٠ بيكرل للمتر المكعب كمستوى يسمح فيه ببناء المساكن الجديدة. ومع ذلك فهناك حوالي عشرين ألف منزل في انجلترا يزيد المستوى فيها عن الحد الأقصى، وهناك أرقام مشابهة في الدول الأخرى. أما بعض الدول الأوربية مثل فنلندا فقد اتخذت ٨٠٠ بيكرل في المتر المكعب حدا أقصى في المنازل القديمة و ٢٠٠ بيكرل للمنازل الجديدة ، ومع ذلك هناك حوالي ١,٤٪ من المنازل زاد تركيز الرادون فيها عن ٨٠٠ بيكرل في المتر المكعب. أما الولايات المتحدة فقد اتخذت ١٥٠ بيكرل في المتر المكعب (٤ بيكوكوري / لتر) كحد أقصى ويعتقد أن ٢٠٪ من المنازل تزيد على هذه النسبة. وهناك عدد لا بأس به يصل فيه المستوى عشرات أضعاف هذا المستوى بل ومئات الأضعاف. ويعتقد حدوث ما بين ٥٠٠٠ و ١٠٠٠٠ حالة وفاة في السنة من سرطان الرئة بسبب الرادون في الولايات المتحدة ، وهي وحدها تمثل ٦ ــ ١٢٪ من جميع حالات الوفاة بالسرطان . ومما يجب ذكره هنا أن هناك حدا آخر لمستوى الرادون في الهواء يسمى « مستوى العمل » (WL) اتخذ أصلا لعمال المناجم ويعادل ٣٧٠٠ بيكرل / متر مكعب (١٠٠ بيكوكوري / لتر).

وبالرغم من أن الحد الأعلى في الولايات المتحدة أقل منه في أوربا إلا أنه كان مثارا للجدل الواسع، إذ يقول المنتقدون أن هذا الحد يعطي نسبة خطورة أعلى بحوالي مائة ضعف من نسبة الخطورة التي وضعتها لجنة التنظيمات النووية الدوليه الأمريكية للإشعاع الناتج عن الطاقة النووية . ويعتقد أن نسبة السرطان من الرادون هو ٥٠٠ ضعف ذاك الناتج عن الطاقة النووية . وفي حين تشدد اللجنة على إنفاق المبالغ لحماية البيئة وإنقاذ الأرواح البشرية من خطر الإشعاعات من الطاقة النووية فإنها أكثر تساهلا مع الرادون. وتبين الدراسات في الولايات المتحدة أن التعرض بصورة مستمرة إلى ٤ مستويات عمل في السنة يؤدي إلى موت ١٣٠ شخص نتيجة سرطان الرئة لكل ألف شخص ، بينما جاءت الدراسات في السويد بأنه تحدث حالة سرطان واحدة من كل ٣٠٠ شخص نتيجة لزيادة تركيز الرادون بمقدار حوالي ٣٧ بيكرل في المتر المكعب (١ بيكوكوري / لتر) .

قياس الرادون في الهواء

نظرا لأن الإشعاعات الصادرة من الرادون وأعضاء سلالته هي جسيمات ألفا وبيتا وإشعاعات جاما لذا فإنه من حيث المبدأ يمكن استخدام أي كاشف لهذه الجسيمات للكشف عن الرادون إذا وجد بتركيز مناسب للكاشف . إلا أنه في الحالات التي تشمل فيها القياسات مناطق كثيرة ومتعددة كالمنازل مثلا، فيجب أن يكون الكاشف قليل الكلفة وسهل الإستعمال وقابل للنقل بسهولة. وقد اعتمدت وكالة حماية البيئة في الولايات المتحدة سبع طرئق قياسية منها ما يلي :-

● جهاز حفر الأثر

وهذا الجهاز يعد أكثر انتشارا ، وهو عبارة عن قطعة من مادة بلاستيكية توضع في الهواء فإذا سقطت عليها جسيمات ألفا الثقيلة فإنها تترك أثرا أو نقطة لا ترى بالعين ، فإذا وضعت القطعة البلاستيكية بعد ذلك في مادة مثل هيدروكسيد الصوديوم وتحت مجال كهربائي متذبذب يكبر الأثر الذي يتركه كل جسيم ، ويمكن حساب تلك الآثار بالمجهر ، حيث يتناسب عددها مع تركيز الرادون في الهواء. وتعد هذه الطريقة سهلة وعملية إضافة إلى كونها تقيس الرادون لفترة طويلة وبالتالي تجُنب الخطأ الناتج عن التغير الزمني في مستوى الرادون .

● صندوق الفحم

من المعلوم أن الفحم النباتي يمتص الغازات ومنها الرادون. فإذا تم وضع الصندوق في غرفة فإن غاز الرادون يتركز فيه. وبعد وضعه بحوالي ستة أيام يرفع الصندوق ويوضع على جهاز لقياس اشعاعات جاما الصادرة عن أحد نظائر سلالة الرادون. وتتناسب القراءة في الجهاز طردياً مع تركيز الرادون في الغرفة. وهذه الطريقة عملية أيضا إلا أنها أقل دقة من الطريقة السابقة . وقد ظهرت دراسات خاصة تقارن بين الطريقتين .

● الكواشف الحرضوئية

وهو عبارة عن أقراص صغيرة تخزن طاقة الإشعاعات . فإذا وضعت في الغرفة لفترة معينة فإنها تخزن الطاقة الصادرة من الرادون وسلالته. بعد ذلك يسخن الكاشف ويصدر وميضا ضوئيا يتناسب في كثافته طردياً مع كثافة الإشعاعات الساقطة. ومن مساويء هذه الطريقة أنها تستجيب للأشعة الصادرة من غير الرادون وسلالته مثل الأشعة الكونية .

● الكواشف الوميضية

وهي من الطرائق الأكثر دقة، ويتم فيها ضخ الهواء الى غرفة بداخلها كاشف جسيمات الفا. وهنا يعطي الجهاز طاقة جسيمات ألفا إضافة إلى عددها . ويمكن أيضا تجميع ذرات الغبار في الجو بوساطة تمرير الهواء على مرشح ثم قياس الأشعة بوساطة أحد الكاشفات الغازية مثل غرفة التأين (Ionization Chamber) .

● الشريط البلاستيكي

وهو أكثر الطرائق بساطة حيث تعتمد على تجميع نتاج التحلل والتي تحمل شحنة كهربائية على شريط بلاستيكي ثم قراءة الفولتية الناتجة عن هذه الشحنة . وقد تم تطوير هذه الطريقة حديثا .

● تجميع الأيونات

وهي طريقة جديدة أخرى طورت في فنلندا تعتمد على جمع أيونات في الهواء وقياس شحناتها .

خفض تركيز الرادون

تعد التهوية من أبسط الطرق وأفضلها عمليا لتقليل تركيز الرادون داخل المنازل ليكون مساويا لتركيزه خارجها. فالتركيز في الداخل أعلى بكثير عنه في الخارج . ويمكن استخدام المراوح أو ساحبات الهواء أو التهوية الطبعية لهذا الغرض، الا أنه في البلاد الباردة أو الحارة تقلل التهوية من عملية التكييف المستخدمة داخل المنازل .

ومن الطرق الفعالة في هذا الخصوص تنقية هواء الغرفة من دقائق الغبار باستخدام أجهزة تنقية الهواء المعروفة . وقد تم تطوير جهاز يقلل ٩٠٪ من تأثير الرادون. وهناك طرق مختلفة تعتمد على سحب الهواء خلال مرشح أو استخدام مجال كهربائي لسحب دقائق الغبار، وتستخدم كذلك طريقة تلتصق خلالها ذرات الغبار على ألواح ذات صفات معينة أو على جدار الغرفة .

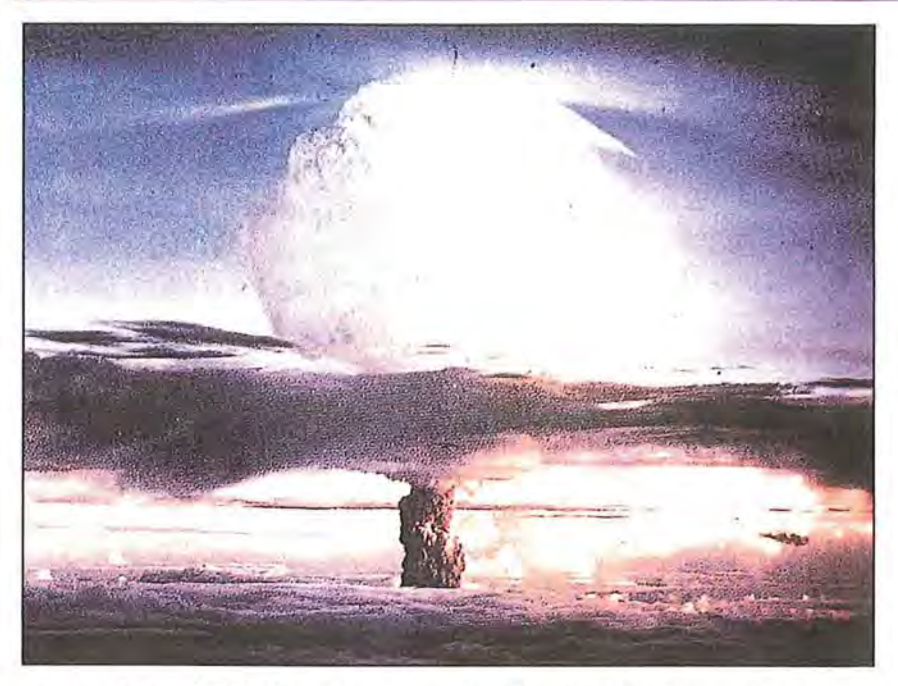
وإذا كان المصدر الرئيس للرادون هو باطن الأرض فيمكن استخدام مضخات لسحب الهواء من تربة المنزل ودفعه بعيدا عنه لمنعه من الدخول ويمكن أيضا استخدام حواجز للرادون توضع على أرضية المنزل أو على المناطق الأخرى التي يدخل منها الرادون أو أن تسد الشقوق في الجدران أو أرضية المنزل بمواد مختلفة .

التلوث الإشعاعي مصادره وأخطاره

د. محمد فاروق أحمد

منـــــذ نهاية الخمسينيات بدأ مصطلح التلوث الإشعاعي يفرض نفسه ضمن قاموس المصطلحات المتداولة إلى جانب الأنواع الأخرى للتلوث كالتلوث الكيميائي والأحيائي وغيرها . ولعلنا نستطيع من خلال هذا المقال أن نعرض للقارىء الكريم فكرة مبسطة عن مفهوم التلوث الإشعاعي مصادره ومخاطره .

يقصد بالتلوث الإشعاعي عموما وجود قدر من المواد المشعة الصنعية في البيئة سواء في التربة أم في مواد المسكن أم في الهواء أم في الطعام والماء ، ويقصد بالمواد المشعة الصنعية تلك المواد التي صنعها الإنسان باستخدام المعجلات أو المفاعلات النووية ليستخدمها في أغراض شتى مثل توليد الطاقة من المصادر النووية أو في الأغراض الطبية أو الصناعية أو الزراعية أو غيرها، وذلك بخلاف المواد المشعة الطبيعية التي خلقها الخالق سبحانه وتعالى - لحكمة يعلمها هو - في البيئة التي نعيش فيها وتتمثل أساسا في نظائر اليورانيوم والثوريوم ونواتج تفككهما وفي البوتاسيوم، ويتفاوت تركيز هذه المواد المشعة الطبيعية في البيئة تفاوتاً كبيراً ، وقد تسبب أخطاراً إشعاعية فادحة للبشر الذين يقطنون تلك البيئة إلا أن هذه المواد لا تندرج ضمن مواد التلوث الإشعاعي .



وعلى الرغم من أن الأخطار الناجمة عن هذه المصادر الطبعية للإشعاع قد تتجاوز كثيرا الأخطار الناجمة عن المواد الصنعية ، إلا أن هذا المقال يعنى أساساً بموضوع التلوث الإشعاعي دون التعرض لأخطار المصادر الطبعية .

مصادر التلوث الإشعاعي

استطاع الإنسان خلال العقود الأربعة الماضية تصنيع عدة مئات من النوى والمواد المشعة.وتستخدم القوى الكامنة في هذه النوى في أغراض كثيرة بدءا بإنتاج الطاقة الكهربائية وأسلحة التدمير الشامل وانتهاءا بالتشخيص والعلاج الطبي وبالعديد من التطبيقات الطبية والصناعية والزراعية بحيث لم يعد هناك مجال من المجالات إلا واشتمل على نوع من الإستخدامات للمواد المشعة . وأهم الأنشطة البشرية التي أسهمت وتسهم في التلوث الإشعاعي للبيئة هي :-

١ - التفجيرات الجوية

منذ خمسين عاما مضت وفي خضم سباق التسلح تمت سلسلتان من تجارب التفجيرات النووية في الجو ، وكانت السلسلة الأولى في الفترة ما بين ١٩٥٤م إلى ١٩٥٨م عندما قامت كل من الولايات المتحدة الأمريكية والإتحاد السوفيتي - حينذاك - والمملكة المتحدة بإجراء عدد كبير من تجارب التفجيرات النووية ، وتمت السلسلة الثانية التي كانت أعظم أثرا في تلوث البيئة في عامي ١٩٦١م و١٩٦٢م .

وفي عام ١٩٦٣م ، وبعد الشعور بالخطر الذي يهدد البشرية من جراء التلوث، وقّعت الدول على معاهدة الحظر الجزئي على إجراء التفجيرات النووية في الجو أو المحيطات أو الفضاء الخارجي ، ولكن قامت بعد ذلك كل من فرنسا والصين بإجراء سلسلة من التفجيرات النووية في الجو كان آخرها عام ١٩٨٠م . وقد بلغ عدد التفجيرات النووية في الجو ٤٥٠ تفجيرا شكلت في مجملها قوة تدميرية تعادل ٥٤٥ ميجاطن من المواد شديدة الإنفجار (الميجا = مليون) وكان منها ٢١٧ ميجا طن قنابل انشطارية ، ٣٢٨ ميجا طن قنابل اندماجية (هيدروجينية) . وبعد عام ١٩٨٠م أصبحت جميع التجارب النووية تتم تحت سطح الأرض ، ولقد تم إجراء ١٠٠٠ تفجير نووي تحت سطح الأرض منذ عام ١٩٦٣م وحتى عام ١٩٩٠م بقوة تدميرية تعادل ٨٠ ميجاطن ، تم منها ٥٠٠ تفجير في صحراء نيفادا بالولايات المتحدة الأمريكية ، وبذلك يكون إجمالي القدرة التدميرية التي أجريت منذ بدء التجارب النووية في الجو وتحت سطح الأرض هو ٦٢٥ ميجا

طن، وهذا مقدار ضئيل بالمقارنة بترسانة الأسلحة النووية في العالم التي يبلغ عددها ٤٠٠٠٠ رأساً نووياً بقدرة تدميرية تبلغ ١٣٠٠٠ ميجا طن.

وتبعا لنوع التفجير النووي تتولد كمية هائلة من نواتج الإنشطار المشعة، وتتساقط فضلات الإنشطار وبعض نواتجه على سطح الأرض وتعلق غالبية النواتج المشعة في الطبقة السفلى من الغلاف الجوي (التروبوسفير) حيث تحمل الرياح هذه النواتج المشعة إلى جميع أرجاء الكرة الأرضية عند نفس الإرتفاع تقريبا. ومع الإنتقال يتساقط جزء من هذه المواد على سطح الأرض بالتدريج ويندفع الجزء الآخر من هذه المواد المشعة إلى الطبقة التالية من الجو (الإستراتوسفير) بارتفاع ١٠ ـ ٤٠ كم حيث تبقى شهورا طويلة وتعود فتتساقط على سطح الأرض من جديد.

وتتضمن الأنواع المختلفة من التساقط الذري الناتج عن التفجيرات النووية في الجو بضع مئات من النويدات المشعة المختلفة وتسهم من بين هذه المئات العدة ست نويدات فقط بنسبة كبيرة من التلوث. وهذه النويدات هي الكربون ١٤ والسيزيوم ١٣٧ والزركونيوم ٩٥ والسترونشيوم ٩٠ والروثينيوم ١٠٦ والسلينيوم ١٤٤، أما اليود ١٣١ الذي ينطلق بكميات كبيرة عند التفجيرات الإنشطارية فلم يعد يشكل خطورة على الإطلاق بعد أن توقفت التفجيرات الجوية منذ عام ١٩٨٠م نظرا لقصر عمره النصفي.

٢ ـ التفجيرات الأرضية

ينتج عن التفجيرات التي تجري تحت سطح الأرض عدة مئات من النوى المشعة، إلا أن هذه النوى لا تخرج من باطن الأرض وتبقى حبيسة هناك باستثناء اليود ١٣١ المشع الذي تخرج نسبة ضئيلة منه إلى سطح الأرض فتلوثه.

٣ ـ دورة الوقود والتلوث النووي

يكمن المصدر الثالث للتلوث الإشعاعي للبيئة في مفاعلات إنتاج القوى الكهربائية وفي منشآت دورة الوقود النووي المرتبطة بها سواء بسبب التشغيل الروتيني الذي يمثل نسبة ضئيلة من التلوث أو بسبب وقوع الحوادث النووية في هذه المنشآت وتمثل النسبة الكبرى للتلوث الإشعاعي. ويمكن أن تنطلق إلى البيئة كمية من المواد المشعة الملوثة في كل مرحلة من المراحل المختلفة لدورة الوقود وهي :ـ

● **المرحلة الأولى**: ويتم فيها استخراج اليورانيوم من الأرض حيث يتم استخراج نصف الخام منه من المناجم المفتوحة والنصف الآخر من مناجم في باطن الأرض، ويخزن الخام في كلا الحالتين بالقرب من المطاحن التي تسهم بالقدر الأكبر من التلوث نتيجة لكبر حجم المخلفات التي تنتج عنها، ويوجد بالفعل حاليا أكثر من ٢٠٠ مليون طن من النفايات المشعة مخزنة قرب المطاحن في أمريكا الشمالية وحدها. وأهم النويدات المشعة التي تنبعث من مداخن المطاحن إلى البيئة هي اليورانيوم ٢٣٨ والثوريوم ٢٣٠ والراديوم ٢٢٦ والبلونيوم ٢١٠ والرصاص ٢١٠ والرادون ٢٢٢.

● **المرحلة الثانية**: ويتم فيها معالجة اليورانيوم بعمليات تنقية وعمليات إثراء لزيادة نسبة اليورانيوم ٢٣٥ أو البلوتونيوم ٢٣٩ في الوقود، وينتج عن هذه العمليات انطلاق كميات قليلة نسبيا من النويدات المشعة للبيئة وغالبا ما تكون في شكل سائل أو غاز. وتقدر تسربات المرحلة الثانية لمصنع سبرنجفيلد عام ١٩٨٩م بحوالي ١,١ × ١٠^١٤ بيكرل. ولذلك يعد إسهام هذه المرحلة في تلوث البيئة إسهاما محدودا نسبيا مالم تقع حوادث نووية في منشآت هذه المرحلة.

● **المرحلة الثالثة**: ويتم فيها تكوين بضع مئات من النويدات المشعة داخل قلب المفاعل أثناء التشغيل الروتيني نتيجة لعمليات الإنشطار والتشعيع، وتتفاوت كمية هذه النويدات المشعة داخل قلب المفاعل تبعا لنوعه وقدرته وزمن تشغيله، ويبلغ مخزون النويدات المشعة بعد فترة تشغيل كافية داخل مفاعلات الماء المضغوط أو مفاعلات الماء الخفيف بقدرة ١٠٠٠ ميجاوات حوالي ١ × ١٠^١٩ بيكرل وحتى ٤×١٠^١٩ بيكرل، ويتفاوت تركيز النويدات المختلفة داخل المفاعل بتغير نوعه، إلا أنه يمكن اعتبار أن أهم النويدات المختزنة داخل المفاعل هي الكربون ١٤، والزينون ١٣٣ واليود ١٣١ والسيزيوم ١٣٤، والسيزيوم ١٣٧، والزركونيوم ٩٥، والروثينيوم ١٠٦، والسيلينيوم ٤٤، والسترونشيوم ٩٠، والبلوتونيوم ٢٣٨، ٢٣٩، ٢٤٠، وذلك بسبب كمياتها الكبيرة المخزونة داخل المفاعل ولطول فترة العمر النصفي لها. وينتج عن التشغيل الروتيني للمفاعلات انطلاقات روتينية متفاوتة تختلف باختلاف نوع المفاعل وتتمثل أساسا في نويدات الرادون والتريتيوم والكربون ١٤ واليود ١٣١ وبعض النوى الأخرى القليلة.

● **المرحلة الرابعة**: وتبدأ بإعادة معالجة الوقود المستهلك لفصل اليورانيوم والبلوتونيوم الناتجين لإعادة استخدامهما. ويتم هذا العمل في عدد محدود من المصانع في العالم أهمها في كاب دي لاهاي ومركول (بفرنسا) وندسكيل وسيلافيل (بالمملكة المتحدة). وتؤدي مصانع إعادة معالجة الوقود إلى انطلاق كميات من النويدات المشعة للبيئة أهمها الكربتون ٨٥ والتريتيوم والكربون ١٤ والسيزيوم ١٣٧ والروثينيوم ١٠٦ والسترونشيوم ٩٠ وبعض المواد الأخرى التي تصدر جسيمات بيتا وألفا. ويعد مصنع وندسكيل اكثر هذه المصانع تلويثا للبيئة. ولقد بلغ مجموع الإنطلاقات من مصنع سيلافيل وحده عام ١٩٨٠م إلى البيئة حوال ٤ × ١٠^١٦ بيكرل في شكل انطلاقات غازية أو سائلة.

● **المرحلة الخامسة**، وتتمثل في التخلص من النفايات المشعة عالية المستوى الإشعاعي بعد عمليات الفصل التي تتم في المرحلة الرابعة. وحتى الآن لم يتم التخلص من هذه النفايات الخطيرة ومازالت السلطات الوطنية تختزنها بحثا عن أنسب الطرق للتخلص منها.

٤ ـ الحوادث النووية

بخلاف التسربات التي تحدث من مفاعلات القوى النووية ومن مراحل دورة الوقود تحدث انطلاقات وتسربات كبيرة

للمواد المشعة إلى البيئة نتيجة لوقوع حوادث نووية في هذه المفاعلات أو المصانع المختلفة . وللتعرف على حجم التلوث الإشعاعي الناجم عن هذه الحوادث سوف نستعرض أهم الحوادث التي حدثت ومقدار التسرب الناتج من المواد المشعة الملوثة للبيئة في كل منها وذلك على النحو التالي :ـ

● حادث كيشيتم (١٩٥٧م) بجنوب جبال الأورال بروسيا وقد وقع في مصنع عسكري لإعادة المعالجة ونتج عن الحادث انطلاق كمية من النظائر المشعة تقدر بحوالي ١×١٠^{١٧} بيكرل ، وأهم المكونات المنطلقة السلينيوم ١٤٤ والزركونيوم ٩٥ والسيزيوم١٣٧ والسترونشيوم ٩٠ وغيرها .

● حادث مفاعل وندسكيل بالمملكة المتحدة (١٩٥٧) وقد انطلقت عنه كمية من المواد المشعة تقدر بحوالي $٧,٥ \times ١٠^{١٤}$ بيكرل يود١٣١ . وحوالي $٢,٢ \times ١٠^{١٣}$ بيكرل سيزيوم ١٣٧ وحوالي ٣×١٠^{١٢} بيكرل روثينيوم ١٠٦ وحوالي $١,٢ \times ١٠^{١٥}$ بيكرل زينون ١٣٣ فضلا عن حوالي ٩×١٠^{١٢} بيكرل من البولونيوم ٢١٠ وبعض النظائر الأخرى .

● حادث مفاعل ثرى مايل آيلند بالولايات المتحدة (١٩٧٩م)وقد نتج عنه انطلاق $٣,٧ \times ١٠^{١٧}$ بيكرل من الغازات المشعة وأهمها الزينون ١٣٣ وحوالي $٥,٥ \times ١٠^{١١}$ بيكرل من اليود ١٣١ وبعض النويدات الأخرى .

● حادث مفاعل تشرنوبل بأكرانيا (١٩٨٦م) ، ونتج عنه انطلاق حوالي $١,٥ \times ١٠^{١٨}$ بيكرل من النويدات المشعة وأهم مكونات المواد المنطلقة الغازات المشعة والسيزيوم ١٣٧ والسيزيوم ١٣٤ واليود ١٣١ ، والسترونشيوم ٩٠ .

وتجدر الإشارة إلى أن التلوث الإشعاعي الناجم عن توليد القوى النووية ودورة الوقود والحوادث المرتبطة بها غير قاصر على منطقة المنشأة النووية فحسب وإنما يتعداها إلى حدود بعيدة تصل إلى عدة آلاف من الكيلومترات ، وتلعب الظروف المناخية المختلفة مثل سرعة الرياح واتجاهها والضغط ودرجة الحرارة والرطوبة والأمطار دورا هاما في انتشار وتساقط المواد المشعة المنطلقة على سطح الأرض ، كما تلعب الظروف الأخرى مثل طبيعة التضاريس وطبيعة الأرض ونوعيتها والحالة الفيزيائية والكيميائية للمادة المنطلقة دورا هاما في تركيز هذه المواد على الأرض . لذلك تنتشر آثار أي حادث نووي في القشرة الأرضية بأكملها ولكن يتفاوت تركيز المواد المشعة المتساقطة على الأرض تفاوتا كبيرا من مكان لآخر تبعا للظروف السابق ذكرها .

وهناك حوادث نووية غير مرتبطة بصناعة الطاقة أدت عموما إلى حدوث تلوث إشعاعي للبيئة وأهم هذه الحوادث هي :ـ

● حادثة تصادم طائرتين حربيتين تحملان قنبلتين اندماجيتين (هيدروجيتين) في منطقة بالومارز في أسبانيا في يناير ١٩٦٦. وأدى الحادث إلى احتراق القنبلتين وانتشار اليورانيوم والبلوتونيوم المصنوع منه القنبلتين في منطقة واسعة من الأرض وتلوثها بشدة .

● حادثة تول (جرينلاند) في عام ١٩٦٨م حيث وقع حادث تصادم لطائرة كانت تحمل أربع قنابل نووية فبدأت مكونات جهاز التفجير الخاص بكل قنبلة في العمل تلقائيا وحدثت الإنفجارات في الجليد وأمكن إجراء الدراسات الإشعاعية لنتائج الحادث في الصيف وبعد انصهار الجليد .

● حادث احتراق القمر الصناعي عام ١٩٦٤م أثناء عودته للغلاف الجوي والذي كان البلوتونيوم ٢٣٨ يستخدم فيه كمصدر للطاقة فانصهر البلوتونيوم وانتشر أكثر من ٦×١٠^{١٤} بيكرل منه في الاستراتوسفير وتساقطت بعد ذلك على القشرة الأرضية .

● حادث سقوط قمر على ساحل كاليفورنيا عام ١٩٦٨م ، وحادث سقوط قمر صناعي مماثل في المحيط الهادي عام ١٩٧٠م .

٥ ـ التطبيقات المختلفة

من مصادر التلوث الإشعاعي المواد المشعة التي يتم تصنيعها للإستخدامات المختلفة في المجالات الطبية والصناعية والزراعية وغيرها ، وعلى الرغم من صغر كمية المادة المشعة التي تستخدم لمثل هذه الأغراض إلا أن أعدادها تزايدت بشكل مذهل في جميع المجالات وأصبحت تشكل في مجملها كميات كبيرة قد تؤدي إلى تلوث محسوس وشديد للبيئة. وللوقوف على حقيقة الصورة بالنسبة لهذا النوع من المصادر، يكفي التنويه إلى أن عدد المؤسسات التي تستخدم المواد المشعة في اليابان وحدها زاد من ١٠٠ مؤسسة عام ١٩٦٠م إلى ٥٠٠٠ مؤسسة عام ١٩٨٨م ، وأن كمية المواد المشعة المفتوحة بخلاف المغلقة المستخدمة في المجال الطبي فقط في نفس الدولة عام ١٩٨٧م تجاوزت $٢,٧٥ \times ١٠^{١٤}$ بيكرل، وأهم النويدات المستخدمة كانت التكنسيوم ٩٩م (شبه المستقر) ،واليود ١٣١ واليود ١٢٣ والجاليوم ٦٧ والزينون ١٣٣ .

وفضلا عن التسرب الإشعاعي الذي يحدث من جراء استخدام هذه المواد المشعة المفتوحة في جميع دول العالم إلى البيئة يقع الكثير من الحوادث بسبب المصادر المشعة المغلقة التي تستخدم للأغراض الطبية والصناعية وغيرها ، ومنها ثلاث حوادث تم إبلاغ الهيئات الدولية بها ، وهذه الحوادث هي :ـ

● حادثة جواريز بالمكسيك عام ١٩٨٣م حيث تم التخلص من مصدر كوبلت٦٠ من عيادة طبيب بطريقة خاطئة فسلك المصدر طريقه مع نفايات الخردة التي دخلت في تصنيع منتجات من الصلب وتعرض عدد من البشر يتراوح ما بين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ فرد لجرعات اشعاعية عالية .

● حادث المحمدية بالمغرب عام ١٩٨٤م حيث سقط مصدر ايريديوم ١٩٢ يستخدم في تصوير واختبار لحام الأنابيب من مكانه إلى الأرض دون أن يشعر المسؤول عنه فالتقطه أحد المارة وأخذه معه إلى المنزل باعتباره قطعة معدنية وكانت النتيجة موت أفراد الأسرة الثمانية جميعا بسبب التعرض الإشعاعي .

● حادث جانيا بالبرازيل عام ١٩٨٧م الذي نتج عن مصدر سيزيوم ١٣٧ يستخدم للأغراض الطبية حيث فتح المصدر عند انتقاله للنفايات وتلوثت منطقة بأكملها بالسيزيوم ووصل مسحوق السيزيوم إلى داخل أجسام عدد كبير من البشر وراح ضحيته ٤ أفراد بخلاف إنقاذ ٥٤ شخصاً تعرضوا لجرعات إشعاعية .

مسالك المواد المشعة إلى الإنسان

يمثل التلوث اكبر المخاطر عند تساقط النويدات المشعة بتركيز عال في الأراضي المزروعة أو الآهلة بالسكان ويؤثر على الإنسان إما بطريقة مباشرة بسبب تعرض الإنسان للإشعاعات الصادرة عن هذه المواد وإما بطريقة غير مباشرة عن طريق انتقال هذه المواد المشعة إلى داخل جسم الإنسان مع السلسلة الغذائية والماء والهواء . فعند تساقط المواد المشعة على النباتات أو التربة التي تزرع عليها فإنها تنتقل في النهاية إلى الإنسان إما عن طريق استخدامه المباشر لهذه النباتات في غذائه وإما نتيجة استخدامها كأعلاف للماشية مما يؤدي إلى تركيزها في لحومها وألبانها التي يتغذى عليها الإنسان ، ويبين الشكل (١) مسالك وصول المواد المشعة إلى الإنسان .

وعموما يتفاوت تركيز المواد المشعة المختلفة في الأنواع المختلفة من النباتات بل وفي الأجزاء المختلفة من نفس النبات كما يتفاوت تركيز هذه المواد في الأعضاء البشرية والحيوانية المختلفة ، فعلى سبيل المثال يلاحظ أن البقول تركز السيزيوم بنسب عالية ، كذلك تتركز المواد المشعة المختلفة في الحيوانات المختلفة بنسب متفاوتة ، فنجد مثلا أن الماعز وحيوانات الرنة أكثر تركيزا لبعض المواد المشعة مقارنة بالأبقار في حين يلاحظ أن الدجاج يعد من أقل منتجات اللحوم تركيزا لهذه المواد خاصة السيزيوم .

وتجدر الإشارة إلى أن المواد المشعة تنتشر في البيئة في شكل أملاح قابلة للذوبان في الماء في معظم الأحيان . وعند دخول هذه الأملاح سواء عن طريق البلع مع الغذاء أو عن طريق التنفس مع الهواء تنتقل إلى الدم من خلال عملية الإمتصاص الغذائي أو من خلال عملية تبادل الغازات في الرئتين . وتنتقل المواد المشعة الذائبة في الماء مع الدم عبر الدورة الدموية إلى جميع أعضاء وأنسجة الجسم وتتوزع عليها . وقد تبين أن الأعضاء والأنسجة المختلفة تقوم بتركيز تلك المواد بنسب متفاوتة ، فعلى سبيل المثال يتركز السيزيوم أساسا في الأنسجة العضلية كما يفرَز بنسب عالية مع الألبان سواء كانت ألبان الماشية أم لبن الأم المرضعة ، لذلك يلاحظ وجود تركيزات عالية نسبيا من السيزيوم المشع في الألبان واللحوم الحمراء . أما عنصر السترونشيوم ٩٠ فيتركز على أسطح العظام محدثا تلفا كبيرا للنخاع العظمي الأحمر مما يؤثر على إنتاج كريات الدم البيضاء . وأما اليود المشع فيتركز بدرجة عالية وبسرعة كبيرة في الغدد خاصة الغدة الدرقية في حين يتركز عنصر البلوتونيوم في كل من الكبد والعظام ، كذلك تتركز أملاح اليورانيوم في بعض الأعضاء كالكلى والكبد ، وهكذا .

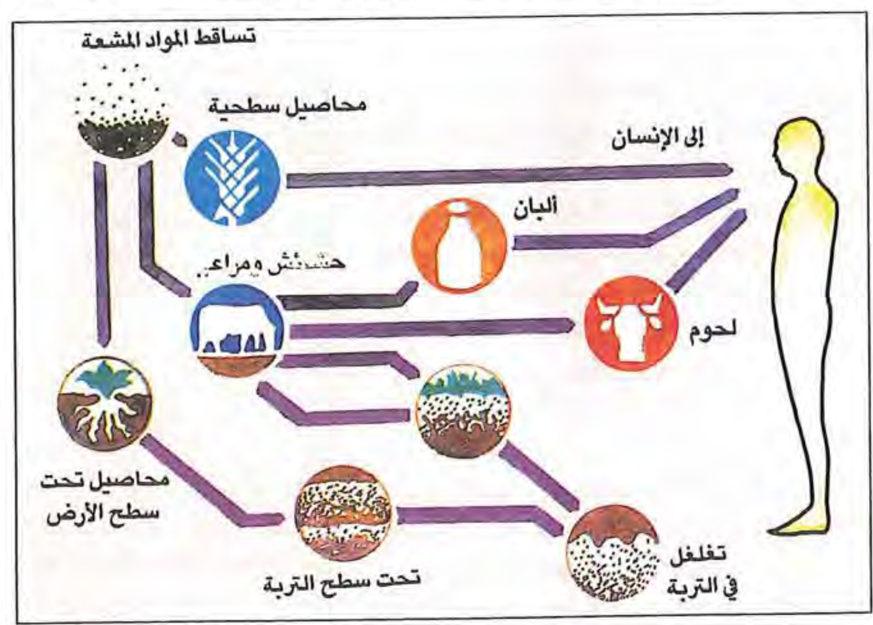
عندما تتركز المواد المشعة في أعضاء أو أنسجة معينة فإنها تتلف خلايا أو أنسجة هذه الأعضاء ، ويكون تركيز التلف شديدا خاصة بالنسبة للنوى التي تصدر جسيمات ألفا أو بيتا نظرا لقدرة هذه الجسيمات على تأيين ذرات وجزيئات النسيج أو العضو البشري .

مخاطر التلوث

عنيت الهيئات العلمية في العديد من الدول المتقدمة وكذلك الهيئات العلمية الدولية وعلى رأسها اللجنة العلمية للأمم المتحدة المعنية بآثار الإشعاع المؤين واللجنة الدولية للحماية من الإشعاع بمخاطر التلوث الإشعاعي، وقد تمكنت هذه الهيئات من جمع كم هائل من البيانات حول حجم الإنطلاقات المختلفة إلى البيئة من كثير من المصادر الصنعية للتلوث الإشعاعي وحول نتائج القياسات الإشعاعية والمسح المستمر لتركيز النويدات المشعة الصنعية في البيئة في أماكن كثيرة من العالم . ولقد تمكنت هذه الهيئات من تقويم الأخطار والأضرار التي وصلت بالفعل إلى البشر أو التي يتوقع أن تصل إليهم . ومازالت تلك الهيئات تعمل من أجل تقويم المخاطر بطريقة أشمل بعد أن توفر جميع الدول البيانات الحقيقية والدقيقة لاستخدامات المواد المشعة الصنعية وحجم الإنطلاقات الواقعة .

وتتضمن البيانات المؤكدة التي توصلت إليها الهيئات المختلفة تقويم أخطار التلوث البيئي المحدود الذي لا ينجم عنه سوى أخطار إشعاعية تعرف بالأخطار المتأخرة والتي لا تحدث إلا بعد حدوث التعرض بعدد من السنوات . وتتمثل أساساً في احتمال الإصابة بالسرطان أو في الأمراض الوراثية لأبناء أو أحفاد المتعرض أو أجياله التالية .

وعموما يتم تقويم الأخطار الناجمة عن التلوث الإشعاعي من خلال تقويم الجرعات الإشعاعية الفعالة التي تصل إلى المجموعات البشرية المختلفة وبالتالي إلى سكان العالم جميعا نتيجة لهذا التلوث سواء كانت هذه الجرعات ناتجة عن التعرض المباشر



● شكل (١) مسالك المواد المشعة في البيئة .

للاشعاعات الصادرة من المواد المشعة المنتشرة في البيئة أم نتيجة لانتقال هذه المواد إلى داخل جسم الإنسان مع الغذاء والماء والهواء ، ولتعيين الجرعة الفعالة التي تؤثر على مجموعة بشرية معينة يؤخذ في الحسبان نوع المواد المشعة ومدى الضرر الذي يسببه كل نوع منها ومن إشعاعاتها . وعند جمع الجرعات الفعالة التي تصل الى البشر جميعا (ما يزيد على ٥ مليار نسمة) فإننا نحصل على ما يسمى بالجرعة الفعالة الجماعية. وتقاس الجرعة الفعالة الجماعية بوحدة يطلق عليها اسم فرد ، سيفرت لتدل على مقدار الجرعة الفعالة بالسيفرت التي حصل عليها عدد من الأفراد .

ولاستيعاب مدى الضرر الواقع على البشرية من جراء التلوث الإشعاعي للبيئة يكفي معرفة أن كل ١٠٠٠ فرد سيفرت تعني حدوث حوالي ٤٠ حالة وفاة سرطانية في المتوسط بين الجنسين . ويمكن أن تنتج هذه الجرعة على سبيل المثال من تعرض ١٠٠٠ فرد بواقع ١ سيفرت لكل فرد أو تعرض ١٠٠٠٠ فرد بواقع ٠,١ سيفرت لكل فرد ...الخ. وعندما يقال أن حادث تشرنوبل أدى إلى تلوث البيئة بمقدار ٦٠٠٠٠٠ (ستمائة ألف) فرد سيفرت فمعنى ذلك أن عدد حالات الوفيات السرطانية المتوقعة عن هذا الحادث هي :-

٦٠٠٠٠٠ × ٤٠ / ١٠٠٠ = ٢٤٠٠٠ وفاة سرطانية على مستوى العالم .

ويتضمن الجدول أدناه بيانات الجرعة الفعالة الجماعية الناجمة عن التلوث البيئي بالمواد المشعة الصنعية فقط طبقا لبيانات الهيئات الدولية .

الآثار الوراثية للتلوث

فضلا عن احتمالات الإصابة السرطانية القاتلة فإن للإشعاع آثارا وراثية ، ودراسة الآثار الوراثية للإشعاع أكثر صعوبة من دراسة السرطان ، وذلك بسبب ضآلة المعلومات المتوفرة عن التلف الوراثي فضلا عن أن سجل الآثار الوراثية يستغرق أجيالا كي يظهر، ولأن العيوب الوراثية الناتجة عن الإشعاع ـ شأنها في ذلك شأن السرطان ـ يصعب تمييزها عن نفس العيوب الناتجة عن الأسباب الأخرى .

وتنقسم الآثار الوراثية إلى مجموعتين رئيستين، تحدث الأولى نتيجة وقوع خلل في الكروموسومات يتمثل في حدوث تغيير عددها أو تغيير تركيبها . أما المجموعة الثانية فتنتج عن حدوث طفرات في المورثات ذاتها . ولتقدير أخطار العيوب الوراثية تلجأ الهيئات المتخصصة إلى طريقتين ، تركز الطريقة الأولى على تقدير حجم التلف الذي تحدثه جرعة معينة من الإشعاع، في حين تحاول الثانية معرفة نوعية الجرعات اللازمة لمضاعفة أعداد المولودين بعيوب وراثية . وتقدر الطريقة الأولى أنه عندما يتعرض الذكور فقط لجرعة مكافئة مقدارها ١ سيفرت من الإشعاعات منخفضة المستوى فإنه يترتب على ذلك حدوث ما بين ١٠٠٠ إلى ٢٠٠٠ طفرة حادة وما بين ٣٠ إلى ١٠٠٠ أثر حاد ناتج عن خلل في الكروموسومات وذلك في كل مليون ولادة . والأرقام الخاصة بتعرض النساء للإشعاع مشوبة عموما بقدر كبير من عدم الدقة ، ولكنها أكثر انخفاضا لأن الخلايا التناسلية الأنثوية أقل حساسية للإشعاع . وتدل الحسابات التقريبية على أن عدد الطفرات يتراوح ما بين صفر إلى ٩٠٠ لكل مليون ولادة ، في حين يتراوح عدد حالات الخلل الكروموسومي ما بين صفر إلى ٣٠٠ حالة لكل مليون ولادة .

وتقدر الطريقة الثانية أن ١ سيفرت من التعرض المستمر للإشعاع لمدة جيل واحد (٢٠ سنة تقريباً) سوف يؤدي إلى نحو ٢٠٠٠ حالة حادة من الأمراض الوراثية لكل مليون مولود تعرض أحد أبويه للإشعاع . وتسعى هذه الطريقة لتعيين العدد الإجمالي للعيوب الوراثية التي سوف تظهر في جميع الأجيال لو استمر نفس المعدل من التعرض ، وتتوقع أن يولد نحو ١٥٠٠٠ طفل مصابين بأمراض حادة نتيجة لهذا التعرض لكل مليون مولود .

أمام هذه المخاطر بدأت معظم دول العالم في الوقت الحالي بالإهتمام بالتلوث الإشعاعي للبيئة وفي المنتجات الغذائية بصفة خاصة ، ووضعت الكثير من الدول حدودا لمستويات التلوث بالنويدات المشعة، ينبغي ألا تتجاوزها المنتجات الغذائية ومنتجات الأعلاف وغيرها . وتقوم الهيئات العلمية المتخصصة في كثير من دول العالم بقياس التلوث الإشعاعي ومتابعة التغيرات التي تطرأ عليه في العينات البيئية المختلفة من تربة ونبات ومياه وهواء وحيوان . وتناشد اللجنة العلمية للأمم المتحدة جميع دول العالم لإمدادها ببيانات دقيقة حول التعرض الإشعاعي والتلوث بالمواد المشعة ، كما تناشدهم باتباع أفضل الطرق لاستخدام تلك المواد ووضع قيود على إطلاق النويدات المشعة للبيئة وذلك حفاظا على الإنسان .

مصدر التلوث	الجرعة الفعالة الجماعية (فرد .سيفرت)
اختبارات الأسلحة النووية والصناعات المرتبطة	
ـ الاختبارات الجوية	٣٠ مليون
ـ اختبارات تحت سطح الأرض	أكثر من ٥٠
ـ الصناعات المرتبطة بالاسلحة النووية	مائة ألف
ـ حادثة كيشتيم	ثلاثة آلاف
ـ حادثة وندسكيل	ألفان
إنتاج القوى نووياً	
ـ توليد الكهرباء والصناعات المرتبطة	ثلثمائة ألف
ـ حادثة ثرى مايل آيلاند	٤٠
ـ حادثة تشرنوبل	ستمائة ألف
استخدام وتطبيقات النظائر المشعة في الطب والصناعة والزراعة ومفاعلات الأبحاث ومصادر أخرى كثيرة	لم تنته اللجان العلمية بعد من تقويم المخاطر لقلة البيانات من الدول وعدم دقتها

● جدول (١) الجرعة الفعالة الجماعية للتلوث البيئي بالمواد المشعة المصنعة .

الحماية من الإشعاع الذري

د . محمد إبراهيم الجار الله

اكتشف العــــالم الألماني رونتجن ـ بقدرة الله ـ الأشعة السينية عام ١٨٩٥م . والتقط بها أول صورة اوضحت عظام يد زوجتـه . ولم يمض على هـذا الإكتشاف المهم أشهر قليلة حتى استخدمت هذه الأشعة في التشخيص الطبي مثل الكشف عن كسـور العظام وتحديـد مـواضع الشظايا في أجساد المصابين بها ، فكانت تلك هى بداية صناعة أنابيب الأشعة السينية التي لم تكن وقتئذ مصنعة بدقة كافية .

بدأت تظهر على العاملين في صناعة تلك الأنابيب وفي مستخدميها آثاراً ضارة للأشعة السينية مثل احمرار الجلد والحروق الإشعاعية . وفي عام ١٩٠٢م ظهرت أورام سرطانية في أيدي صانعي وعارضي أنابيب الأشعة السينية نتيجة لتعرضهم للأشعة. وفي ذلك الوقت لم يكن ممكنا وضع حدود للتعرض الإشعاعي لأجل الحماية منه نظرا لعدم الإلمام الكافي بأضرار الأشعة وعدم وجود أجهزة لقياس مقدار التعرض الحاصل لتحديد الجرع الإشعاعية التي تسبب مثل هذه التأثيرات الحادة .

وبقدرة الله أيضا اكتشف العالم الفرنسي بيكرل في سنة ١٨٩٦م النشاط الإشعاعي الطبعي لغنصر اليورانيوم . وقد أكملت العالمة البولندية ماريا وزوجها بيير كوري البحث في النشاط الإشعاعي الطبعي للعناصر الأخرى فاكتشفا ثلاثة عناصر نشطة إشعاعيا أهمها عنصر الراديوم الذي استخدم في بادىء الأمر في علاج الأورام السرطانية. وبعدها توالت اكتشافات العناصر الطبعية المشعة الأخرى . ومن المعلوم الآن أن هناك أكثر من أربعين نظيرا طبعيا مشعا . ومن الجدير بالذكر أن السيدة كوري قد هلكت مع ابنتها إيرين بسبب إصابتهما بسرطان الدم (اللوكيميا) الذي يحدث نتيجة استقرار الراديوم المشع في العظام التي تعد أحد المراكز النشطة في صنع خلايا الدم البيضاء بجسم الإنسان ، وذلك من بين مسببات أخرى لهذا المرض .

الحماية من الإشعاع

لم يكن هناك جهد جماعي منظم لوضع معايير للحماية الإشعاعية في الفترة الأولى من استخدام الأشعة السينية والعناصر المشعة بالرغم من الإهتمامات المؤقتة بالحماية من الإشعاع، وفي عام ١٩١٣م أصدرت الجمعية الإشعاعية الألمانية أول توصيات عامة للحماية من الإشعاع ثم أعقبتها انكلترا عام ١٩١٥م وتبعتهما دول أخرى .

وفي أثناء الحرب العالمية الأولى (١٩١٤ ـ ١٩١٨م) ازداد استعمال الأشعة السينية كثيرا لتلبية احتياجات الجيوش . وكان يستخدم في ذلك الحين الوحدات الإحيائية (البيولوجية) كجرعة احمرار الجلد في تقدير التعرض الإشعاعي ، وبعدها بدأ التحول إلى استخدام الوحدات الفيزيائية المتمثلة في قياسات تأين الهواء بالإشعاع . ولايزال يصنع إلى الآن الكثير من كواشف الإشعاع ومقاييسه على أساس تأين الغاز .

وفي عام ١٩٢٨م تم تأسيس اللجنة الدولية للحماية الإشعاعية (ICRP) التي قامت بإصدار توصياتها لوضع مواصفات العمل في هذا المجال . واستمرت هذه اللجنة إلى يومنا هذا في تطوير التعليمات والتوصيات الخاصة بكل ما يتعلق بالإشعاع مع غيرها من الهيئات الدولية والوطنية، مثل الهيئة الدولية لوحدات الإشعاع وقياسه (ICRU) والوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA)، كما قامت منظمة الأمم المتحدة بإنشاء اللجنة العلمية لتأثير الإشعاع الذري (UNSCEAR) ومنظمة العمل الدولية (ILO) ومنظمة الصحة العالمية (WHO). ولقد لقي الإشعاع وتأثيراته وطرق الوقاية منه من الدراسة والإهتمام اهتماما كبيرا ومضطردا .

أهداف الحماية من الإشعاع

تهدف الحماية من الإشعاع إلى حماية الإنسان والبيئة من التأثيرات الضارة

للإشعاع، الجسدية منها والوراثية مع السماح للإستخدامات المفيدة للإشعاع والمواد المشعة بالإستمرار .

وتتضمن أساليب الحماية من الإشعاع نوعين مميزين من أنواع التعرض هما التعرض في حالة الحوادث الإشعاعية أو الطوارىء والتعرض المهني الذي يمكن الحد منه بوساطة السيطرة على مصادر الإشعاع وتطبيق نظام تحديد الجرع .

ولبرنامج الحماية من الإشعاع ثلاثة أهداف رئيسة هي :ـ

١ ـ التأكد من أن أي عمل يتضمن التعرض إلى الإشعاع يجب أن يكون مبررا .

٢ ـ منع حدوث التأثيرات الحتمية العتبية (Deterministic Effects) وهي التأثيرات التي تتولد في الشخص المتعرض للإشعاع عندما تصل الجرعة الإشعاعية حدا معينا يطلق عليه اسم العتبة. ومن هذه التأثيرات إحمرار الجلد والحروق الإشعاعية والمرض الإشعاعي وفقد المناعة الناتج عن استنزاف كريات الدم البيضاء ...الخ.

٣ ـ تخفيض حدوث التأثيرات غير العتبية (Stochastic Effects) وهى التأثيرات التي لا يوجد لها حد آمن من التعرض الإشعاعي، بمعنى إنه يمكن لأصغر جرعة إشعاعية من الناحية النظرية أن تحدث هذه التأثيرات التي قد تكون جسدية مثل مرض السرطان أو وراثية مثل التشوهات التي تظهر في الذرية نتيجة لتلف حاملات الوراثة (المورثات) داخل الخلايا التناسلية، لهذا لايمكن اعتبار أي تعرض للإشعاع مهما قل بأنه آمن إلا أن خطورته تتفاوت من شخص إلى آخر ، ويزداد احتمال ظهور تلك التأثيرات مع ازدياد جرعة الإشعاع .

تحديد الجرعات الإشعاعية

إن معظم القرارات التي يتم اتخاذها حول الفعاليات التي يتم القيام بها تستند إلى الموازنة بين التكلفة والمنفعة ، فإذا رجحت كفة المنفعة فالفعالية تستحق الإنجاز وإلا فلا تستحق ، بالإضافة إلى أن الفعالية يجب أن تتم بصورة يحصل فيها الفرد والمجتمع على أقصى فائدة ممكنة . ولتحقيق هذه الأهداف قامت اللجنة الدولية للحماية الإشعاعية عام ١٩٧٧م بإصدار توصياتها بوضع نظام لتحديد الجرعات الإشعاعية للإنسان .

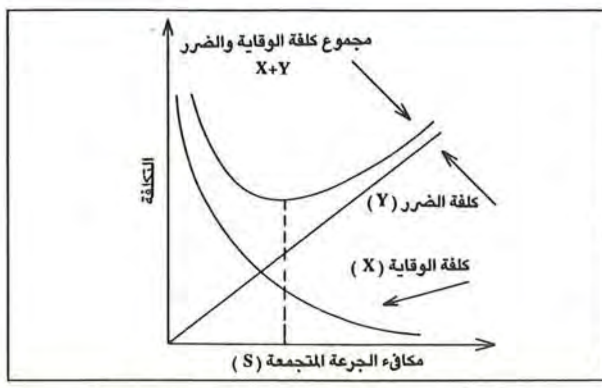
يتضمن منع التأثيرات الحتمية وضع حدود لمكافيء الجرعة الإشعاعية وهو مقياس للتأثير الإحيائي للإشعاع ، ووحدته الحديثة سيفرت . ويجب تحديد التعرض الإشعاعي بعد تجاوز حدود مكافيء الجرعة، أما الحد من التأثيرات غير العتبية فيتم بالمحافظة على التعرض الإشعاعي إلى أقل ما يمكن مع الأخذ في الحسبان العوامل الإقتصادية والإجتماعية حسب ظروف كل مجتمع .

تشتمل الجوانب الرئيسة لنظام تحديد الجرع على ما يلي :ـ

١ ـ التبرير : يجب ألا يتم القيام بأي عمل في حقول الإشعاع أو تتم إجازته من قبل السلطات المختصة ما لم يؤد إلى تحقيق منفعة إيجابية، وذلك لمنع التعرض غير الضروري إلى الإشعاع .

يمكن تبرير العمل المتضمن التعرض للإشعاع بدراسة مزاياه ومساوئه للتأكد من أن الضرر الكلي الذي ينتج عن العمل المقترح يكون أقل بصورة ملموسة من الفوائد المتوخاة ، ومن الممكن استخدام تحليل التكلفة والفائدة لغرض الوصول إلى قرار بإجازة أو عدم إجازة العمل أو المشروع الذي يؤدي إلى التعرض إلى الإشعاع .

فإذا افترضنا أن الفائدة الصافية (B) والفائدة الكلية (V) و كلفة الإنتاج(P) وكلفة الحصول على مستوى مختار من



● شكل (١) الوصول بالوقاية من الإشعاع إلى الحالة المثلى .

الوقاية (X) وكلفة الضرر الناتج عن التشغيل أو الإنتاج أو الإستخدام والتخلص من الإنتاج (Y) .

فإنه يمكن وضع معادلة الفائدة والتكلفة بالصيغة التالية :ـ

$$B = V - (P + X + Y)$$

إن حساب وتقدير الحدود الواردة في المعادلة أعلاه لغرض التقدير المطلق اللازم لتبرير العمل ليس بالأمر السهل ، ولهذا يلجأ أحيانا إلى التقدير النسبي الذي يتم بالمقارنة مع مبررات المشاريع البديلة ، حيث أن هذا الإجراء أسهل ، وتبقى الفائدة الإجمالية كما هي .

٢ ـ الحالة المثلى للحماية الإشعاعية : إن جميع حالات التعرض للإشعاع في أي مجتمع يجب خفضها إلى أقل قدر ممكن ، ولمعرفة ما إذا كان خفض التعرض الإشعاعي قد تم بصورة معقولة أم لا فإنه من الضروري الأخذ في الحسبان الموازنة بين زيادة الفائدة من هذا الخفض وزيادة التكاليف . ولزيادة الفائدة الصافية إلى أقصى قدر ممكن يؤخذ تفاضل معادلة التكلفة و الفائدة بالنسبة لمتغير غير معتمد يعرف بالجرع المكافئة المتجمعة .

تعد الحماية من الإشعاع مثالية عندما يكون مجموع تكاليف الوقاية (X) وتكاليف الضرر من الإشعاع (Y) وأقل ما يمكن، شكل (١). ويساعد في عملية التقويم المستند إلى معادلة التفاضل المشار إليها وضع قيمة نقدية للجرعة المتجمعة.

وللصعوبة البالغة في تقدير هذه القيمة النقدية من الناحية العملية فقد نُشرَت عدة تقديرات في هذا الخصوص، وهي مفيدة لأجل اتخاذ القرارات بالرغم مما عليها من تحفظات .

ويمكن القول بناءا على ما سبق ذكره أنه عند تصميم مصادر الإشعاع ووضع الخطط الخاصة باستعمالها وتشغيل المصدر أو المنشأة ينبغي أن يجري ذلك بطريقة تؤدي إلى أن يكون التعرض للإشعاع ضمن حدود المعقول مع الأخذ في الحسبان العوامل الإقتصادية والإجتماعية للمجتمع .

٣ ـ تحديد الجرع : إن مكافيء الجرع الإشعاعية للأفراد يجب ألا يتجاوز حدودا موصى بها من قبل اللجنة الدولية للحماية الإشعاعية . فقد وضعت اللجنة حدوداً للتعرض الإشعاعي المهني وأخرى لتعرض أفراد الجمهور ينبغي عدم تجاوزها إلا في حالات خاصة ، وذلك لتجنب ظهور التأثيرات الحتمية العتبية على المتعرضين ولتقليل ظهور التأثيرات غير العتبية إلى الحد المعقول . وتقل الحدود الخاصة بأفراد الجمهور عشرين مرة عن حدود العاملين الذين يتعرضون له بحكم عملهم ويعوضون لقاء ذلك ، ولهم الحرية في البحث عن عمل آخر إذا لم يرتضوا ذلك . أما أفراد الجمهور فهم لا يتعرضون للإشعاع بمحض اختيارهم ، كما أن فيهم مجموعات أكثر تأثرا بالإشعاع من غيرها وهم الأطفال والأجنة .

وقد تم إجراء تخفيض ملموس على حدود الجرع الإشعاعية عبر السنين ، وكان آخر هذه التخفيضات سنة ١٤١١هـ (١٩٩٠م) حيث أوصت به اللجنة الدولية للحماية الإشعاعية بعد ظهور أدلة جديدة تفيد أن تأثيرات الإشعاع الضارة هي أكبر مما كان مقدرا لها سابقا . وقد تم وضع حدود لمستويات التلوث بالإشعاع كما وضع لكل مستوى من التلوث نظام يحكمه.

تطبيق الحماية الإشعاعية

هناك عدة مستويات لتطبيق الحماية من الإشعاع يمثل أولها السلطة المختصة التي تقوم بوضع الضوابط اللازمة لوقاية العاملين في حقول الإشعاع وعموم الجمهور، وهي بذلك تصدر الأنظمة والتعليمات وتشرف على تنفيذها ، كما تمنح التراخيص لإقامة المشاريع والمنشآت المستخدمة للإشعاع حيث يحدث التعرض. ويُلزِم منح الترخيص صاحب المصدر أو المصادر المشعة التقيد بالأنظمة والتعليمات الخاصة بالوقاية من الإشعاع الصادرة من السلطة المختصة. وهناك بعض الفعاليات ومصادر التعرض معفاة من الترخيص بموجب النظام وذلك لكونها لا تشكل خطرا ملموسا على الصحة يستحق وضع ضوابط للسيطرة عليها . وعلى إدارة المنشأة الحاصلة على الترخيص تطبيق برنامج للحماية من الإشعاع يعتمد على سعة العمل ونوعية التعرض ، ويتراوح العاملون بالبرنامج ما بين شخص متخصص مسؤول عن أعمال الحماية من الإشعاع في المنشآت الصغيرة إلى مجموعة كبيرة من العاملين في المفاعلات النووية المنتجة للطاقة الكهربائية وغيرها .

ومن المهام الملقاة على عاتق إدارة المنشأة ما يلي :ـ

(أ) دراسة التصاميم لغرض التأكد من أنها ملائمة لغرض تطبيق برنامج ناجح للحماية من الإشعاع .

(ب) مراجعة الأمور التشغيلية المتعلقة ببرنامج الحماية من الإشعاع بصورة دورية للإستفادة من الخبرة المكتسبة ولتطبيق ما يستجد .

(جـ) تعريف العاملين بقواعد الحماية من الإشعاع وتدريبهم تدريبا كافيا وبصفة متجددة .

(د) توفير الأجهزة اللازمة لغرض مراقبة الإشعاع والتعرض الإشعاعي .

(هـ) توفير الفحوصات الطبية الدورية للعاملين حسب طبيعة العمل .

(و) التأكد من صلاحية العاملين لديها للعمل الموكل إليهم .

(ز) وضع خطط للطواريء.

الطواريء الإشعاعية ومعالجتها

يمكن تعريف الطاريء الإشعاعي بأنه أية حالة تؤدي إلى خطر إشعاعي غير اعتيادي أو غير متوقع، وهذا التعريف يعطي احتمالات الإراقة لمحلول مشع يشتمل على عدة ميجا بيكرل في معامل البحث وحتى حادث رئيس في مفاعل نووي للطاقة حيث قد تنطلق عدة ملايين من الميجا بيكرل أو قد يزيد من نواتج الإنشطار كما حدث في حادث مفاعل تشرنوبل سنة ١٩٨٦م. والأسباب الرئيسة التي قد تؤدي إلى طاريء إشعاعي هي :ـ

١ ـ فقدان الحواجز الواقية، حيث يؤدي ذلك إلى مستويات عالية من الإشعاع .

٢ ـ فقدان الوعاء الحاوي، حيث يؤدي إلى انطلاق المواد المشعة .

٣ ـ عدم التحكم في الكتلة الحرجة، أي التولد السريع لمصدر مشع كبير مع مستويات عالية من الإشعاع .

تحدث الطواريء الإشعاعية عادة نتيجة لأسباب تقليدية ، مثل خلل ميكانيكي أو حريق أو فيضان أو حادث نقل أو عوامل بشرية أو غيرها . وتختلف الطواريء الإشعاعية التي يمكن حدوثها ، فإراقة محلول مشع في مختبر ما تعد مصدر إزعاج أكثر من أن تشكل خطرا، بل من الأنسب أن يشار إليها بالحوادث الموضعية، أما الحالات الخطيرة التي تستوجب إخلاء بعض المناطق ولكن ليس لها أثر خارج المنشأة التي تحدث فيها فتسمى غالبا بالطواريء الموقعية. أما إذا كان الحادث يشكل خطرا على عموم المواطنين خارج المنشأة فيعرف أحيانا بالطاريء العمومي .

وأيا كانت الحالة فمن المهم جدا أن يكون قد بُحِثَ احتمال حدوثها مسبقا ووُضِعت إجراءات معالجتها . ومن الأمور

المهمة والبديهية اكتشاف أية حالة غير طبيعية في أقرب وقت ممكن، فإذا ما اكتشف مثلا حادث فقدان حواجز واقية مباشرة واتخذت الخطوات التصحيحية حياله وأجري الإخلاء، فإن الجرعة المتعرض لها ستكون صغيرة جدا ، وعلى النقيض من ذلك إذا كان عمال التشغيل وغيرهم ممن هم عرضة للإشعاع ليسو على دراية بالحادث فقد يتعرضون لجرعات عالية جداً .

كذلك ينبغي التخطيط المسبق للتعامل مع حالات الطوارىء في مرحلة التصميم لأية محطة أو عملية أو تجربة حيث أن التحليل التفصيلي في هذه المرحلة لايظهر فقط المخاطر الرئيسة، بل يمكِّن من إدخال طرق لخفض هذه المخاطر في التصميم ذاته. ومهما كانت جودة التصميم أو عدد الإجراءات الوقائية المتوفرة فيه، يبقى احتمال وقوع حادث من نوع ما واردا، ومن أجل التعامل مع هذا الإحتمال ينبغي وجود تنظيم للطوارىء يعتمد في حجمه كثيرا على نوع المنشأة وحجم الطارىء المحتمل، ففي المنشآت الكبيرة مثل مفاعل الطاقة يكون التنظيم كبيرا إلى حد ما، ويجب أن تحوي خطة الطوارىء ما يلي :-

- وصفا لهيكل الجهاز الذي يتعامل مع الحالة الطارئة .
- مخططا لطرق الإتصال ضمن المنشأة ومع السلطات المختصة المناسبة خارج المنشآت.
- مخططا للمراقبة الخاصة المطلوبة لتقدير الحالة .
- شرحا لمختلف الأعمال التصحيحية المتوفرة لتقليل التعرض السكاني للإشعاع ، وشرحا لفعالية هذه الإجراءات فى مختلف الظروف وما يترتب عليها .
- وصفا عاما للمستلزمات البشرية والمادية اللازمة للقيام بهذه الإجراءات الصحيحة ووضعها موضع التنفيذ .
- المشاكل الأخرى التي تعد ضرورية فيما يخص السلطات المختصة .

الجديد في العلوم والتقنية

تآكل طبقة الأوزون

اكتشف العلماء تركيزات عالية من غاز أول أكسيد الكلور في سماء الولايات المتحدة .ويعد هذا الغاز أحد الملوثات التي تسبب انكماش طبقة الأوزون في طبقة الأستراتوسفير . ويذكر العالم دارن توحي (Darin Toohey) الأستاذ بجامعة هارفارد وأحد الباحثين في هذا المجال أن هذه هي المرة الأولى التي يتم فيها اكتشاف أثر أول أكسيد الكلور على طبقة الأوزون في مناطق خطوط العرض الوسطى للكرة الأرضية أثناء فصل الشتاء ، حيث لم يتسن للعلماء من قبل معرفة حجم دمار طبقة الأوزون في تلك المناطق شبه الباردة مقارنة بثقب الأوزون في القطب الجنوبي .

قام العالم دارن توحي وزملاؤه عام ١٩٨٨ ـ ١٩٨٩م بقياس تركيزات غاز أول أكسيد الكلور أثناء رحلات عدة قامت بها مركبة تابعة لوكالة الفضاء الأمريكية ناسا فوق مناطق خطوط العرض الوسطى . واتضح من هذه الرحلات أن تركيز غاز أول أكسيد الكلور قد تراوح ما بين ٢٠ إلى ٣٠ جزء من البليون عند ارتفاع تسعة عشر كيلومترا من الأرض خلال الفترة من أكتوبر حتى أول ديسمبر ١٩٨٨م . وفي ٢١ فبراير ١٩٨٩م وأثناء قيام المركبة بالتحليق على نفس الإرتفاع فوق سماء منطقة فرجينيا بكاليفورنيا ، اتضح أن تركيز الغاز قد وصل إلى عشرة أضعاف تركيزه في الفترة المشار إليها . ويرى العلماء أن بقاء تركيز الغاز على ذلك النحو لفترة شهر دون انخفاض يمكن أن يتسبب في تآكل الأوزون في المنطقة المتأثرة بحوالي ٢٪ ، مؤديا إلى تكوين ثقب أوزوني حول مدينة نيويورك في المستقبل القريب . يؤكد هذه الحقيقة انخفاض الأوزون بنسبة تتراوح ما بين ٣ إلى ٦٪ في المناطق الوسطى الشمالية من الكرة الأرضية خلال العقدين الماضيين .

رغم أن العلماء لم يؤكدوا بشكل قاطع علاقة نقصان طبقة الأوزون بغاز أول أكسيد الكلور وذلك لقلة التجارب في هذا المجال ، إلا أن هناك من النظريات ما يدعم هذه العلاقة . ومن تلك النظريات أن انخفاض درجة حرارة غاز أول أكسيد الكلور في القطبين أثناء فصل الشتاء يؤدي إلى تكوُّن سحابة ثلجية تتسبب في تحول غاز الكلور ـ الذي يكون خاملا أثناء فصل الربيع ـ إلى غاز أول أكسيد الكلور النشط . وتمنع الرياح القطبية الباردة هذه السحابة الثلجية من الإختلاط بالرياح الدافئة حول المناطق الوسطى وبالتالي تبعدها من هذه المناطق أثناء الفترة ما بين أكتوبر إلى ديسمبر . وعند حلول شهر فبراير تتحرك هذه الرياح متجهة إلى الولايات المتحدة الأمريكية حاملة معها سحابة أول أكسيد الكلور الذي يتفاعل مع الأوزون في طبقة الأستراتوسفير ويؤدي بالتالي إلى تخفيف طبقته .

ويفكر العلماء في إجراء تجارب لدراسة طبقة الأستراتوسفير حول المناطق الوسطى الشمالية والقطب الشمالي لفترة تمتد إلى ستة أشهر يتم فيها قياس الأوزون وأول أكسيد الكلور وذلك لمعرفة مدى صحة النظرية المذكورة .

ومن النظريات الأخرى المثيرة للجدل نظرية مفادها أن الهواء البارد أثناء سيره صوب خط الإستواء يتسبب في تجميع ذرات دقيقة من حامض الكبريتيك ويجعلها تتفاعل مع الكلور في الجو محولة إياه إلى أول أكسيد الكلور الذي يتركز بصفة أساس في المناطق الوسطى. وبما أن النشاط الصناعي الذي يتسبب في زيادة الكلور في الجو يتركز في المناطق الشمالية من الكرة الأرضية ، فإن تركيز أول أكسيد الكلور سيزيد في أجواء شمال الولايات المتحدة الأمريكية وغيرها من البلدان الصناعية في نصف الكرة الشمالي حسب ما يشاء الله .

المصدر Science News, Feb. 1991, Vol 139 , #6, p84

مصطلحات علمية

● **ألارا** **Alara**
إختصار لجملة
As Low as reasonably Achievable
وهي مبدأ أساس في الحماية من الإشعاع ينص على أن يكون تصميم المصدر المشع واستعماله ومزاولة جميع الأعمال عليه بالأسلوب الذي يضمن خفض التعرض الإشعاعي إلى أقل قدر ممكن .

● **نشاط (شدة) إشعاعي**
Activity
الشدة الإشعاعية لمصدر مشع ويعبر عنها بالبِكْرل (البيكرل) أو الكوري .

● **الحد السنوي للجرعة المكافئة**
Annual equivalent dose limit
قيمة الحد السنوي للجرعة المكافئة من الإشعاع الذي لاينبغي تجاوزه طبقا لنظام تحديد الجرعات الذي وضعته اللجنة الدولية للحماية من الإشعاع وهو ٢٠ ملي سيفرت / سنة للمهنيين ، ١ ملي سيفرت / سنة لعموم الجمهور .

● **بيكرل** **Becquerel (Bq)**
وحدة قياس النشاط الإشعاعي . والبيكرل الواحد عبارة عن تفكك واحد في الثانية .

● **محتوى الجسم من نويدة مشعة**
Body content
الكمية الكلية للنشاط الإشعاعي من نويدة معينة داخل جسم الإنسان أو الحيوان .

● **رائد العظام** **Bone seeker**
أية نويدة مشعة تتركز في العظام أكثر مما تتركز في أي نسيج آخر .

● **مجموعة حرجة**
Critical group
هي مجموعة من أفراد الجمهور يتعرضون للإشعاعات المؤينة بطريقة متجانسة من مصدر معين وتشكل نموذجاً من الأفراد الذين يحصلون على أعلى جرعة مكافئة .

● **تشتت** **Dispersion**
تفرق الحزمة الإشعاعية الى مركباتها وفقا لإحدى الخواص المميزة للموجات مثل التردد أو طول الموجة أو الطاقة .

● **مقياس الجرعة** **Dosimeter**
جهاز لقياس الجرعة الإشعاعية أو الجرعة المكافئة .

● **عمر النصف الفعال**
Effective half - life
الزمن الذي يقل خلاله عدد نويدات مشعة معينة في جسم حي إلى النصف نتيجة للتفكك الإشعاعي والإخراج الإحيائي بطرقه المختلفة .

● **تعرض اضطراري**
Emergency exposure
هو تعرض كبير يحدث أثناء الظروف غير العادية عند الطوارىء وذلك بهدف منع الأضرار أو إنقاذ الأرواح أو الممتلكات .

● **نواتج الانشطار**
Fission products
النويدات التي تنتج عن الانشطار مباشرة أو عن التفكك الإشعاعي لنويدات ناتجة عن الانشطار .

● **جراي** **Gray (Gy)**
وحدة قياس الجرعة الممتصة وتعادل إنتقال طاقة من الاشعاعات للمادة مقدارها واحد جول لكل كجم من المادة .

● **التأثيرات الوراثية للإشعاع**
Herditary effects of radiation
هي التأثيرات العشوائية التي تحدث في ذرية الشخص المتعرض للإشعاع .

● **التعرض الداخلي**
Internal exposure
هو التعرض الإشعاعي الذي ينتج عن دخول النويدات المشعة للجسم سواء عن طريق البلع أو التنفس أو الجروح أو الجسد .

● **سُمْك نصفي** **Half thickness**
هو السُمْك الذي يمتص نصف كمية إشعاعات جاما ذات الطاقة المعينة ويمرر النصف الآخر .

● **مختبر حار** **Hot laboratory**
هو المختبر الذي يعني بمعالجة المواد المشعة عالية الإشعاع ويقوم بعمليات الفصل والتركيز والتنقية لها .

● **تشعيع** **Irradiation**
تعريض مادة أو جسم للإشعاعات المؤينة وحصولها على جرعة من الإشعاعات بهدف تغيير مواصفاتها أو خصائصها أو إنتاج مادة مشعة منها .

● **حالة شبه الاستقرار**
Metastable state
حالة تكون فيها النواة مثارة إلا أنها تعيش فيها فترة طويلة جداً قبل أن تتفكك أو تضمحل فيقال أنها في شبه استقرار .

● **ميجا الكترون فولت** **MeV**
Mega electron Volt (م.إ.ف)
وحدة قياس الطاقة في النظم الذرية والنووية . والميجا الكترون فولت يعادل ١,٦ × ١٠-١٣ جول .

● **راد** **Rad**
وحدة قياس الجرعة الإشعاعية الممتصة في النظام القديم وهي اختصار لكلمة (Radiation absorbed dose) وتساوي ١٠٠ إرج / جم .

● **مقتفي أثر مشع**
Radioactive tracer
وسيلة لاقتفاء أثر انتشار المواد عموما باستخدام مادة مشعة ومتابعة انتشارها في النبات أو البيئة أو غيرها .

● **سيفرت** **Sievert (Sv)**
وحدة قياس الجرعة المكافئة أو الجرعة الفعالة من الإشعاعات . والسيفرت هو انتقال طاقة من الإشعاعات إلى الجسم بما يكافىء جول لكل كجم من إشعاعات جاما .



من أجل فلذات أكبادنا

كيف نقيس ارتفاع الأجسام

أعزائي فلذات أكبادنا ....هناك طريقة عملية بسيطة لقياس ارتفاع الأجسام بوساطة النظر وذلك بتشكيل مثلث متساوي الساقين .

الأدوات

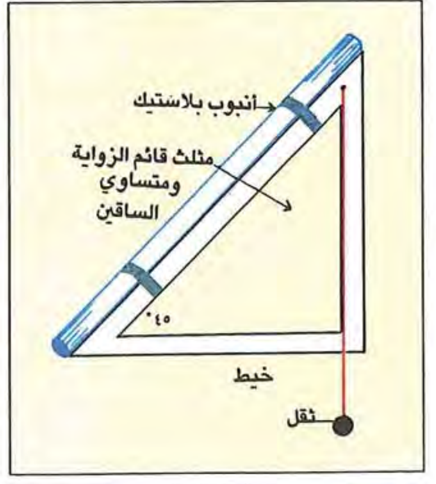
مثلث قائم الزاوية متساوي الساقين، أنبوبة بلاستيك (شفاط عصير)، شريط لاصق، خيط، ثقل .

التحضير

١ ـ يُثَّبت الأنبوب البلاستيكي على وتر المثلث باستخدام الشريط اللاصق .

٢ ـ يُعمل ثقب صغير عند أي من طرفي وتر المثلث .

٣ ـ يُثَّبت في الثقب قطعة من الخيط وبطرف الخيط يُربط الثقل لكي يساعد على شد الخيط إلى الأسفل (بحيث يستخدم كمؤشر) كما في الشكل (١) .



● شكل (١) .

● شكل (٢) .

طريقة القياس

١ ـ يقف الشخص قريبا من الجسم المراد قياس ارتفاعه (مثل بناء ، جبل ، شجرة) ويمسك المثلث بشكل رأسي بحيث يكون وتره إلى أعلى .

٢ ـ ينظر إلى قمة الجسم من خلال الأنبوب فقط، شكل (٢) .

٣ ـ يتراجع إلى الخلف وهو لايزال ينظر الى قمة الجسم من خلال الأنبوب فقط ويكون بجانبه شخص آخر يلاحظ حركة الخيط حتى يصبح موازيا لحافة المثلث أو منطبقا عليها.

طريقة حساب الارتفاع

عندما ينطبق الخيط على حافة المثلث أو يصبح موازيا لها فإنه يتكون لدينا مثلث قائم الزاوية ومتساوي الساقين من النقاط الآتية : زاوية مثلث القياس القريبة من العين (ج) ، وقمة الجسم (أ) ونقطة التقاء العمود النازل من قمة الجسم مع امتداد الضلع الأفقي لمثلث القياس (ب). ويتم حساب الإرتفاع كما يلي .. أنظر شكل (٣) .

ارتفاع الجسم = أ ب + ب د .

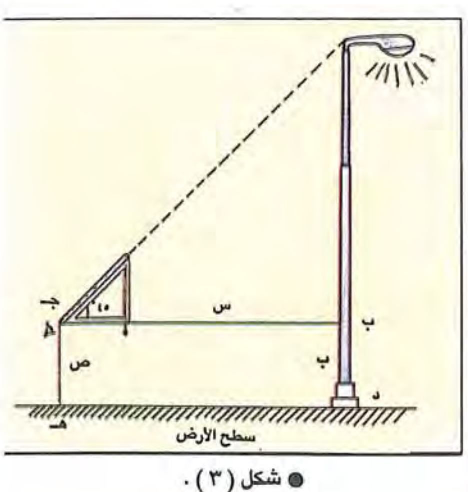
لكن أ ب = ب ج لأنهما ضلعا مثلث متساوي الساقين .

ب د = ج هـ لأنهما ضلعا متوازي مستطيلات متقابلين .

إذن ارتفاع الجسم (أ ب + ب د) = (ب ج + ج هـ) .

يمكن معرفة قيمة (ب ج) بقياس المسافة الأفقية من عين المشاهد إلى الجسم، كذلك يمكن معرفة قيمة (ج هـ) بقياس المسافة الرأسية من عين المشاهد إلى مستوى سطح الأرض .

بجمع قيمتي ب ج ، ج هـ نحصل على ارتفاع الجسم .



● شكل (٣) .

كتب صدرت حديثاً

موسوعة أبو خطوة

صدرت الطبعة الأولى من هذه الموسوعة في يناير من هذا العام (١٩٩٢م) عن دار القبلة للثقافة الإسلامية ، وهي من إعداد د. **أحمد نبيل أبو خطوة**. تشتمل محتويات الموسوعة على: مقدمة ، شرح لكيفية استخدام الموسوعة ، ترتيبا هجائيا للمصطلحات ، ملحق للمصطلحات اليونانية واللاتينية ، كشافا عاما ، المراجع ، الجدول الدوري ، الأوزان الذرية .

و الموسوعة ليست قاموسا أو معجما يقتصر فقط على ترجمة المصطلحات العلمية أو تعريبها، بل تشمل أيضا شرحا وتفسيرا للإصطلاح العلمي بأسلوب علمي بسيط وبصورة دقيقة ومختصرة ، إضافة إلى طريقة اشتقاقه من اللاتينية واليونانية ، مع تزويده بالصور والرسومات التوضيحية والرموز والمعادلات الكيميائية التي تساعد في تبسيط معاني المصطلحات .

تقع الموسوعة التي تعد أول عمل موسوعي علمي من نوعه يصدر باللغة العربية في ١٨٣١ صفحة من القطع المتوسط .

دليل الأدوية السعودي - ١٤١٢هـ

صدر هذا الدليل باللغة الانجليزية عام ١٤١٢هـ /١٩٩٢م عن الجمعية الصيدلية السعودية ووزارة الصحة في المملكة العربية السعودية، وهو من إعداد كل من الصيادلة **سليمان السلامة وبشار حورانية وسناء السكري** .

قام بمراجعة الدليل الصيادلة **سعاد العشيوي** و**محمد بشير** ، إضافة إلى ذلك فقد قام بالتقديم له كل من **سمو الأمير فهد بن سلطان بن عبدالعزيز** أمير منطقة تبوك ورئيس الجمعية الصيدلية السعودية ومعالي وزير الصحة الأستاذ / **فيصل الحجيلان** .

يبدأ الدليل بمقدمة تشير الى أنه يغطي ما يقرب من ٣٤٠٠ دواء مقسمة حسب دواعي الإستعمال بوساطة فهرس يشمل الأسماء العلمية والتجارية .



جاء الدليل مقسما إلى خمسة أجزاء هي بالترتيب :-

فهرس العقاقير العلاجية ، تصنيف العقاقير العلاجية ، معلومات عن تركيبة المنتجات الدوائية ، جداول مقارنة ، معلومات عن الشركات المنتجة للدواء.

يوجد في نهاية الدليل فهرس يسهل للمستخدم استرجاع المعلومات عن العقاقير الموجودة في الدليل . تبلغ عدد صفحات الدليل ٤٤٣ صفحة من القطع المتوسط .

عواقب شلل الأطفال

هذا الكتيب من إعداد الدكتور / **محمد بن حمود الطريقي** بالاشتراك مع نخبة من المختصين في هذا المجال بالمملكة ، وقد صدر عام ١٤١٢هـ / ١٩٩١م عن المركز المشترك لبحوث الأطراف الإصطناعية والأجهزة التعويضية بالرياض .

يبدأ الكتيب بنبذة عن المركز وأهدافه ومنجزاته ، ثم يعطي نبذة عن شلل الأطفال ، تاريخ انتشاره والجهود المبذولة للتغلب عليه والتخفيف من حدة وطأته عالميا ومحليا .

يتناول الكتيب في فصوله الخمسة الموضوعات الآتية :-

المسببات والعدوى والأمراض ، الوقاية وطرقها ، التشخيص والعلاج ، خدمات وزارة الصحة ، خدمات وزارة العمل والشؤون الإجتماعية .

الكتيب مزود بأشكال توضيحية عن أنواع شلل الأطفال ، تمارين الأعضاء المصابة ، الأجهزة التعويضية . تبلغ عدد صفحات الكتيب ٦٩ صفحة من الحجم المتوسط .



الإشعاع الذري

(المخاطر ـ النواحي الطبية والتطبيقية ـ طرق الحماية والعلاج)

إعداد : شايع علي الشايع



ألف هذا الكتاب الدكتور / محمد عبد الفتاح عياد ، أستاذ الفيزياء الصحية وخبير الوقاية من الإشعاعات بهيئة الطاقة الذرية المصرية (سابقا) وأخصائي علمي بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية (حاليا)، وصدرت طبعته الأولى عام ١٤١٢هـ (١٩٩٢م)، ويقع الكتاب في ١٢١ صفحة من الحجم المتوسط ويحتوي على ستة عشر موضوعا رئيسا موزعة على ستة فصول .

بدأ المؤلف كتابه بمقدمة سريعة أوضح فيها أن الهدف من الكتاب هو تقديم بعض المعلومات عن ماهية الإشعاعات ومصادرها وفوائدها وتأثيرها على الإنسان وطرق الحماية منها .

احتوى **الفصل الأول** على أربعة مواضيع هي : ما هو الإشعاع ، الإشعاعات المؤينة ، الطرق المتبعة للكشف عن الإشعاعات المؤينة ، وحدات قياس الإشعاع .

تحدث المؤلف في البداية عن ماهية الإشعاع بشكل عام حيث ذكر أن أساس تركيب كل المواد هو الذرات والجزيئات وأن هذه الذرات يمكن أن تمتص أو تطلق (تشع) طاقة ، فالضوء والحرارة والأشعة السينية (أشعة إكس) ما هي إلا إشعاعات ، وخلص إلى أن الإشعاع هو طاقة متحركة في صورة موجات كهرومغناطيسية أو جسيمات تتحرك بسرعة عالية . أما الإشعاعات المؤينة فقد ذكر أنها إشعاعات عالية الطاقة تتميز بأنه عند اصطدامها بذرات مادة أخرى فإنها تنتزع بعض الإلكترونات من هذه الذرات محولة إياها إلى أيونات موجبة الشحنة ولذا سميت بالإشعاعات المؤينة . ثم ذكر أن هناك ثلاثة أنواع رئيسة للإشعاعات وهي: إشعاعات ألفا ، وإشعاعات بيتا ، وإشعاعات جاما وتحدث عن طبيعة كل منها فذكر أن إشعاعات ألفا هي عبارة عن نواة ذرة الهيليوم (وهي ثقيلة نسبيا) ، أما جسيمات بيتا فهي إلكترونات أو جسيمات أخرى (بوزيترونات) مساوية للإلكترونات وزنا ، أما إشعاعات جاما فهي موجات كهرومغناطيسية ذات طاقة عالية ، وتحدث عن نفاذية كل منها ، ثم تناول الأنواع الأخرى للأشعة المؤينة (الأشعة السينية والأشعة الكونية والنيوترونات) وتحدث عن طبيعة ومميزات ونفاذية كل منها .

انتقل الكتاب بعد ذلك إلى الحديث عن الطرق المتبعة للكشف عن مدى تعرض جسم الكائن الحي للإشعاعات المؤينة، فتناول باختصار كلا من القياسات البيولوجية (أثر الإشعاع على الكروموزومات ، صورة الدم والعد النوعي لكريات الدم البيضاء ، تحليل البول والبراز) والقياسات الفيزيائية (عداد الجسم الكامل ، نظام الدوران الرنيني للإلكترونات ، أجهزة الوقاية الشخصية كالأفلام الحساسة ، أجهزة المسح الإشعاعي) والقياسات الكيميائية (محاليل كبريتات النحاس ، وأملاح السيزيوم) ، ثم صنف طرق قياس ورصد الإشعاعات المؤينة وهي : استخدام الأفلام الفوتوغرافية واستخدام التأين في الغازات واستخدام التأين في المواد الصلبة والسائلة ، وتناول الأجهزة المستخدمة في القياس لكل صنف .

اختتم المؤلف هذا الفصل ببيان وحدات قياس الإشعاع حيث تطرق إلى كل من :-

- رونتجن (R) : وهي الوحدة المستخدمة في قياس كمية التعرض للإشعاع .
- راد (Rad) وجراي (Gy) : وهما الوحدتان المستخدمتان لقياس الجرعة الإشعاعية المكافئة.
- ريم (Rem) وسيفرت (Sv) : وهما الوحدتان المستخدمتان لقياس الجرعة الإشعاعية المكافئة .
- كيوري (Ci) وبيكرل (Bq) : وهما الوحدتان المستخدمتان لقياس النشاط الإشعاعي .

يحتوي **الفصل الثاني** على أربعة مواضيع وهي : المعايير الأساس للأمن والسلامة ،مصادر التعرض الإشعاعي ، التأثير البيولوجي للإشعاع ، العلاقة بين التعرض المهني وحدوث الآثار الحيوية نتيجة له وأساس تقدير المخاطر للعمل بالإشعاع .

تحت موضوع المعايير الأساس للأمن والسلامة تناول الكتاب بعض المتغيرات والمصطلحات الأساس التي تستخدم في الحسابات والتقديرات المتعلقة بالأمن والسلامة وتأثير الإشعاعات على جسم الإنسان ،ثم تطرق إلى قيم الحدود التي وضعتها اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع والتي تتعلق بالجرعة الإشعاعية لكل من العاملين في مجال الإشعاعات والجمهور .

انتقل الكتاب بعد ذلك إلى الحديث عن المصادر التي يتعرض الإنسان عن طريقها إلى الإشعاع و تنقسم إلى قسمين هما:

١ـ المصادر المشعة طبعيا وتتمثل في: الأشعة الكونية ، والعناصر المشعة طبعياً التي تدخل في تركيب مواد البناء وفي الماء والمأكولات وفي الهواء الذي يتنفسه الإنسان ، مصادر الإشعاعات داخل جسم الإنسان بسبب المواد الداخلة في تركيب أعضاء جسمه .

١ـ المصادر المشعة صناعيا، وتشمل : الكشف والعلاج بالأشعة ، بعض الإستخدامات التقنية كمشاهدة التلفزيون الملون والسفر بالطائرات وغيرها ، التفجيرات النووية التي تلوث غلاف الكرة الأرضية إشعاعيا ، تشغيل المحطات النووية. وقد تم التطرق إلى كل مصدر من هذه المصادر بالتفصيل .

انتقل الكتاب بعد ذلك إلى الحديث عن التأثير البيولوجي للإشعاع ، فبين كيفية تأثير الإشعاعات على خلايا الجسم وذكر أن ذلك يحدث بطر يقتين : الطريقة المباشرة ، ويتم فيها تكسير الروابط بين الذرات المكونة لجزيئات الأعضاء وتكوين جزيئات أخرى غريبة، ومثال ذلك تأثير الإشعاع على نواة الخلية مما يجعلها تنقسم انقساما سريعا وغير محكوم ، وهذا ما يعرف بالنمو السرطاني ، وكذلك تأثيره على المورثات مما يسبب تغيرا في تركيبها يؤدي إلى حدوث تشوهات في الأجنة ، أما الطريقة غير المباشرة فتنتج عن تحلل الماء داخل الخلية بفعل الإشعاع معطيا نواتج كيميائية سامة تؤثر على الخلية ، وقد يصل تأثيره إلى تكوين نظائر مشعة داخل الجسم .

تناول المؤلف بعد ذلك العوامل التي يعتمد عليها التأثير البيولوجي للإشعاع على الجسم وهي: نوع الإشعاعات ، نوع التعرض للإشعاع ، كمية ومعدل التعرض للإشعاع ، قابلية أعضاء الجسم المختلفة لتخزين المواد المشعة ، ونوع العضو ومدى حساسيته للتعرض الإشعاعي . كذلك سرد المؤلف أنواع خلايا الجسم حسب شدة حساسيتها للإشعاع .

حول موضوع التعرض المهني للإشعاعات المؤينة ذكر المؤلف أن التأثيرات البيولوجية للإشعاع تنقسم إلى قسمين : الأول هو الآثار العضوية الواضحة الأكيدة غير العشوائية ، وهي التأثيرات التي تحدث نتيجة تجاوز الجرعة الإشعاعية المتعرض لها الجسم أوجزء منه قيمة معينة، وتناول الأعراض الناتجة عن تعرض الجسم إلى إشعاع حاد والفترة الزمنية لظهور الأعراض ، والنتيجة النهائية التي تقود إليها تلك الاعراض والتي هي بشكل عام الوفاة . أما الثاني فهي الآثار العضوية العشوائية والآثار العشوائية الوراثية : وهي تلك التأثيرات التي تحدث عشوائيا دون وجود قيمة حدية للأمان ، إلا أن احتمال حدوثها يتناسب طرديا مع الجرعة والتي تكون ضمن المستويات المنخفضة ، وينتج عنها طفرات في الخلايا العضوية والتناسلية تتسبب في آثار عضوية أو وراثية .

تناول الكتاب بعد ذلك موضوع العلاقة بين التعرض المهني وحدوث الآثار البيولوجية نتيجة له، حيث ذكر أن الأبحاث قد أكدت بأن الآثار غير العشوائية لا تحدث إلا في الحوادث العارضة والناتجة عن سوء الإستعمال أو عدم المعرفة بأسلوب العمل أو الخلل في الأجهزة أو الإهمال ، أما ما عدا ذلك فإن تلك الآثار لن تحدث طالما كانت ظروف العمل ضمن ما هو مسموح به دوليا . أما بالنسبة للآثار العشوائية فقد تناول الكتاب بالبحث كيفية التعرف على ما إذا كانت الإصابة نتيجة للتعرض للإشعاع مهنيا من عدمه.

تناول **الفصل الثالث** تقدير المخاطر ، معامل الوزن ، معامل الخطر بتناول الطرق المختلفة لحساب وتقدير المخاطر الإشعاعية وذلك بالنسبة للآثار العضوية العشوائية والآثار الوراثية العشوائية وكذلك في حالات التعرض الطبي ، تناول الكتاب بعد ذلك طرق التحكم في الإشعاع بهدف محاولة منع الآثار العشوائية ، ثم تناول مفهوم معامل الوزن (WT) ومعامل الخطر واللذان يدخلان في تقدير وحسابات المخاطر الإشعاعية .

تحدث **الفصل الرابع** تعرض المرضى والحوامل للإشعاع نتيجة الفحوصات الطبية أو العلاج حيث ذكر القيم المختلفة للجرعات الإشعاعية التي يتعرض لها المريض أثناء التشخيص بالأشعة السينية لمختلف أجزاء الجسم، ثم انتقل إلى الحديث بالتفصيل حول إجراء الأشعة التشخيصية للمرأة فبين أن اللجنة الدولية للوقاية من الإشعاع قد أجازت إجراء الفحوص بالأشعة للمرأة خلال العشرة أيام الأولى من أول أيام الحيض . ثم تحدث عن المخاطر الكبيرة التي تترتب على تعرض المرأة الحامل للأشعة والقيم القصوى للجرعة الإشعاعية التي يجب الإلتزام بها عند الضرورة .

كذلك تناول الكتاب موضوع تعرض المرأة الحامل للإشعاع باستخدام النظائر المشعة، فذكر خطورة استخدام النظائر المشعة في تشخيص وعلاج المرأة الحامل ، ثم ذكر أنه يترتب على تعريض الجنين للإشعاعات المؤينة خلال الستة أسابيع الأولى من الحمل موت الجنين ، وخلال الثلاثة أشهر الأولى من الحمل تشوهات خلقية للجنين في أعضاء جسمه المختلفة ، وطوال فترة الحمل ولمدة عامين بعد الولادة تأثيرات على الجهاز العصبي المركزي له ، كما تناول بصفة خاصة خطورة تصوير الغدة الدرقية للمرأة الحامل باستخدام اليود المشع .

أكد المؤلف على أهمية تسجيل الجرعات الإشعاعية في سجلات المرضى وذلك لاستخدامها في الحسابات بهدف التحكم في الآثار العشوائية العضوية والوراثية لهم . ومن الأخبار المفرحة التي ينقلها الكتاب أنه منذ عام ١٩٨٥م استطاعت التقنية تقليل الجرعات الإشعاعية في أجهزة الأشعة السينية إلى النصف وذلك باستخدام الشاشة الوميضية التي تتكون من العناصر النادرة .

يتناول **الفصل الخامس** الإستخدامات التطبيقية للإشعاعات المؤينة خصوصا في مجالات الطب والزراعة والصناعة .

و في المجال الطبي أمكن استخدام النظائر في تشخيص وعلاج أمراض الغدة الدرقية ، وسرطان الدم، ودراسة أمراض الرئتين وحركة الدم فيهما ، وتحديد مواقع الأورام بالمخ ، ودراسة حالة ووظائف القلب والكبد والكلى إضافة إلى استخدام الأشعة في علاج الأمراض الخبيثة . كذلك تستخدم الطرق التحليلية النووية لقياس الهرمونات والأنزيمات والفيروسات وبعض المواد البروتينية في دم الإنسان .

وفي مجال التصوير بالأشعة تم استخدام أجهزة متطورة للتصوير المقطعي تستخدم في الكشف عن أمراض المخ كالنزيف والأورام . كما تحدث عن مجال التحليل بالتنشيط النيوتروني وهي طريقة حساسة للكشف عن عناصر موجودة بتركيز منخفض جداً أما في مجال التعقيم الطبي فقد تناول طرق التعقيم الطبي المختلفة والمشاكل المرتبطة بكل منها. ثم تناول التعقيم باستخدام أشعة جاما مثل تعقيم الخيوط الجراحية والأجهزة والأدوات البلاستيكية والعبوات الدوائية والأدوات الجراحية والحقن .

وفي مجال الزراعة تناول الكتاب موضوع حفظ الأغذية حيث استخدمت الإشعاعات بكفاءة في حفظ اللحوم والدواجن والفراولة والأسماك والألبان و منتجات اللحوم والموالح والخضار والفواكه ، ثم تناول حل مشكلات زراعية محددة باستخدام التشعيع وهي : تلوث أعلاف الحيوانات والدواجن والقمح والدقيق بالميكروبات والفطريات المنتجة للتوكسينات ، تلوث الدجاج المذبوح بالميكروبات ، إصابة الثوم بالأعفان أثناء التخزين، سرعة فساد الأسماك والجمبري حيث أمكن إطالة فترة التخزين للسمك الطازج مبردا الى أضعاف فترة تخزينه ، والقضاء على الميكروبات بنسبة ٩٩٪ ، كذلك تناول الكتاب استخدام الإشعاع بغرض الحصول على سلالات جديدة واستخدام ذلك في مجال تحسين سلالات النبات ومقاومة الحشرات الضارة، وغير ذلك من الإستخدامات .

بدأ الكاتب في **الفصل السادس** بالحديث عن اللجنة الدولية للحماية الإشعاعية(ICRP) وعن التعاون الدولي في الأخذ بتوصياتها . ثم ذكر الهدفين الأساسين الذين حددتهما اللجنة لتشريعات الوقاية من الإشعاع وهما منع الآثار الأكيدة غير العشوائية للإشعاعات ، والحد من احتمال استحداث الآثار العشوائية .

تلى ذلك ذكر المبادىء الأساس للتشريع للوقاية من الإشعاع و هي :-

١ ـ **تبرير الممارسة** : حيث ذكر أنه يتعين على السلطة المختصة منعا للتعرض غير الضروري للإشعاع ألا تسمح بممارسة أي عمل يمكن أن يؤدي إلى التعرض للإشعاعات إلا إذا كان هناك منفعة أكيدة تبرر ذلك .

٢ ـ **أمثلة الوقاية الإشعاعية** : حيث ذكر أنه يجب إنجاز عمليات التصميم والتخطيط والتشغيل بشكل يضمن أن يكون التعرض للأشعة بأدنى حد مقبول .

٣ ـ **تحديد الجرعة** : وذلك بتحديد قيم الحدود القصوى للجرعة الإشعاعية للعاملين وللجمهور .

تناول الكتاب بعد ذلك طرق تقليل مخاطر التعرض للإشعاع والتي تشمل :-

خفض الجرعة بالتحكم في زمن التعرض للإشعاع ، والإبتعاد قدر الإمكان عن مصدر الإشعاع ، واستعمال الحواجز للوقاية من الإشعاع (كالخرسانة والرصاص والماء) .

انتقل الكتاب بعد ذلك الى الحديث حول كيفية تحديد القيمة النقدية للضرر الصحي الإشعاعي حيث تحدث عن كيفية تحديد ذلك حسابيا ، متناولاً علاج بعض حالات التعرض الإشعاعي .

تمت صياغة معظم مواضيع الكتاب لتناسب القاريء العادي غير المتخصص ،كما احتوى على بعض المواضيع التي تناسب العاملين في القطاع الصحي والأطباء على وجه الخصوص ، كذلك احتوى على مواضيع أخرى تعد مبادىء أولية بالنسبة للمخططين والمشرعين لاستخدام الإشعاعات بشكل عام .



نقل الحركة وتغيير السرعات
(أ) موصل الحركة

إعداد : د. حامد بن محمود صفراطه

كيف تنتقل الحركة من المحرك الذي يدور دائما ومجموعة الجر التي تتراوح بين الثبات الكامل في حالة وقوف السيارة رغم دوران المحرك ، وانطلاق آلة الجر والمحرك بنفس السرعة عند حركة السيارة ؟.

في هذا العدد عزيزي القارىء نتناول طريقة نقل الحركة بوساطة موصل الحركة (Clutch) وصندوق التروس اليدوي (Gear box) أو تلقائيا بواسطة الموصل التلقائي .

موصل الحركة (Clutch)

موصل الحركة هو الوسيط بين المحرك - حيث الدوران الدائم بغض النظر عن تحرك السيارة أو ثباتها دون حركة - وصندوق التروس . فعندما يضغط سائق السيارة على قَدَمَةِ موصل الحركة فإن الحركة تنقطع وتنفصل الصلة بين المحرك وصندوق التروس وبذلك يتمكن السائق من تغيير مجموعة التروس من سرعة إلى سرعة أخرى . يوضح الشكل (١) الفكرة الأساس لطريقة عمل موصل الحركة ، فلنفترض أن محرك المثقاب وقرصه الأزرق هما محرك السيارة وقرص الحذافة (flywheel) وأن القرص الآخر هو موصل الحركة ، ففي الحالة (أ) يدور المثقاب وقرصه دون أن يلامسا القرص الآخر فيظل ثابتا لا يدور . أما إذا حركنا الآن المثقاب وقرصه حتى يلامس القرص الآخر لمسا يسيرا كما هو في الحالة (ب) فإن القرص يبدأ في الدوران مع المثقاب ولكن بسرعة أقل منه تبعا لقوة التلامس ، وكلما زادت قوة التلامس زادت سرعة الدوران ، وكلما قلت قوة التلامس قلت سرعة الدوران . وعندما تكون قوة التلامس كبيرة يدور القرصان بنفس السرعة كما هو في الحالة (ج) .

يتكون موصل الحركة من ثلاثة أجزاء أصيلة ، شكل (١) هي :-

١ - الحذافة (Flywheel) وهي متصلة اتصالا مباشرا مع المحرك تدور بدورانه وتقف بوقوفه .

٢ - قرص موصل الحركة (Clutch Disk) وهومغطى بوسادة مصنوعة من (مادة لينة) تتحمل الإحتكاك .

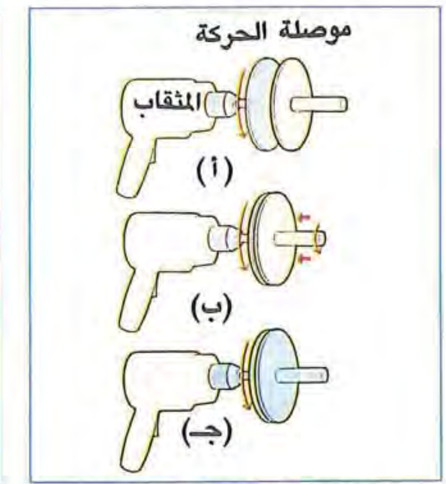
٣ - حلقة الضغط (Pressure Plate) وهي مزودة بعدد من الزنبركات الضاغطة (ستة زنبركات) في الشكل (١) وتدور مع الحذافة ومثبتة بها .

عمل موصل الحركة

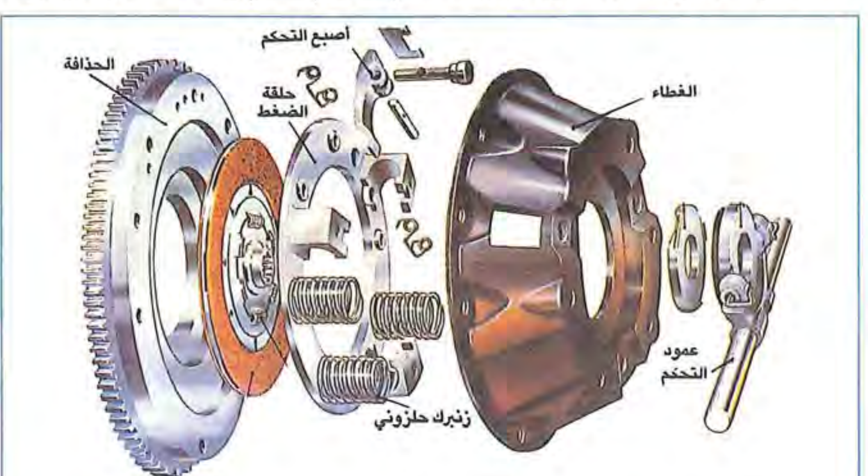
عندما يرفع السائق رجله بعيدا عن قَدَمَةِ توصيل الحركة تضغط حلقة الضغط بزنبركاتها القوية على قرص موصل الحركة حتى يدور مع الحذافة وبنفس سرعتها وبذلك تنتقل الحركة بكامل قدرتها من محرك السيارة عبر موصل الحركة إلى صندوق التروس ومن خلاله الى السيارة فتنطلق متحركة . يوضح الشكل (٣ - أ) هذه الحالة ويظهر إصبع واحد من أصابع التحكم وهو لا يباشر في هذه الحالة أية قوة على حلقة الضغط .

عندما يدفع السائق قدمة توصيل الحركة إلى أسفل فإن أصابع التحكم تباشر عملها وترفع حلقة الضغط بعيدا عن الحذافة وبالتالي لا تنتقل الحركة إلى قرص موصل الحركة ولا تكون هناك صلة بين محرك السيارة وصندوق التروس وبالتالي يمكن للسائق أن يغير السرعات أو يوقف السيارة دون تقيد بحركة ودوران المحرك ، (شكل ٣ - ب).

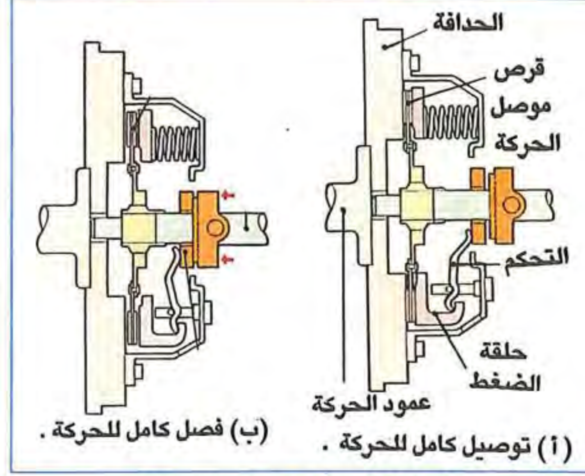
مما سبق يتضح أن قدم السائق تقوم ببذل القوة المتحكمة في موصل الحركة لذلك تم تصميم نظام يضاعف القوة البشرية



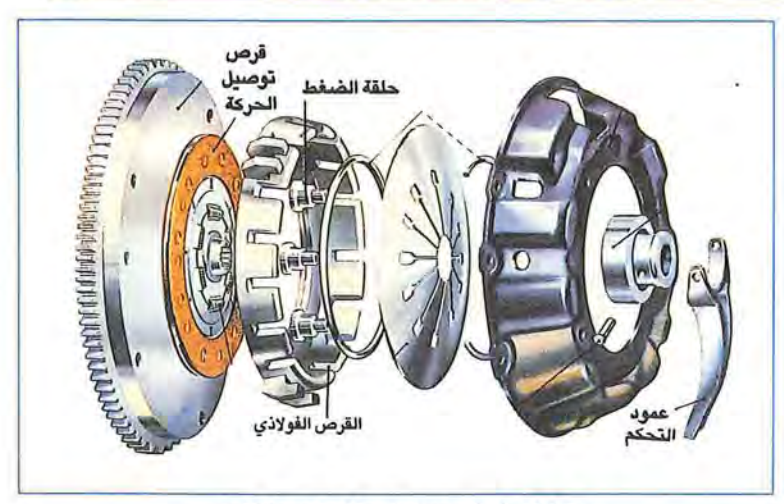
● شكل (١) فكرة عمل موصل الحركة .



● شكل (٢) موصل الحركة .



● شكل (٣) كيفية عمل موصل الحركة .



● شكل (٥) موصل الحركة بقرص فولاذي .

ويرفع عن كاهل السائق بذل الجهد الكبير .

● النظم المستخدمة في قَدَمَةِ موصل الحركة

تتنوع النظم المستخدمة في قَدَمَةِ موصل الحركة ، شكل (٤) إلى ثلاثة نظم :-

١ - نظام ميكانيكي بأذرع ووصلات

تنتقل حركة القَدَمَةِ مباشرة من خلال أذرع ووصلات حيث تضغط على أصابع التحكم دون وسيط وتستخدم هذه الطريقة عادة في السيارات والشاحنات الضخمة ، شكل (٤-أ)

٢ - نظام ميكانيكي بسلك شداد

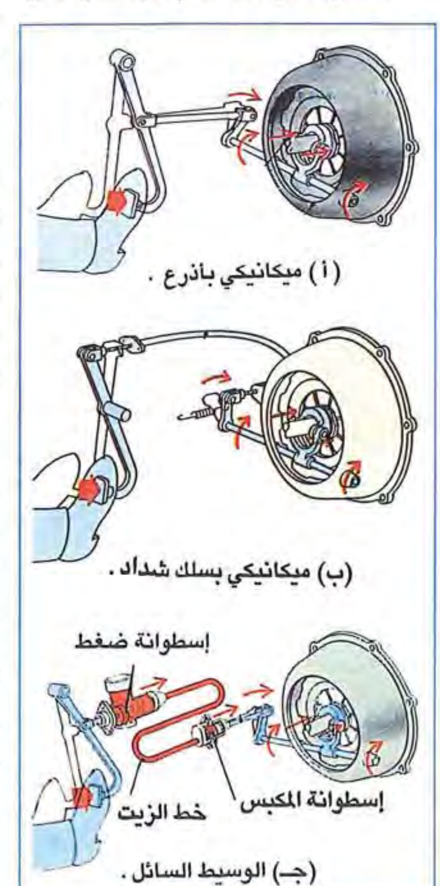
يوضح الشكل (٤ - ب) أن الحركة تنتقل من خلال سلك شداد أشبه ما يكون بذلك المستخدم في الدراجات ، وهذه الطريقة غالبا ما تستخدم في السيارات الصغيرة .

٣ - نظام الوسيط السائل

في هذا النظام شكل (٤ - ج) يستخدم السائل كوسيط لزيادة القوة من خلال اسطوانة الضغط واسطوانة المكبس ، والسائل المستخدم عادة هو نوع خاص من الزيوت . ويمتاز هذا النوع بتيسير العمل على السائق ويمكن استخدامه في جميع أنواع السيارات .

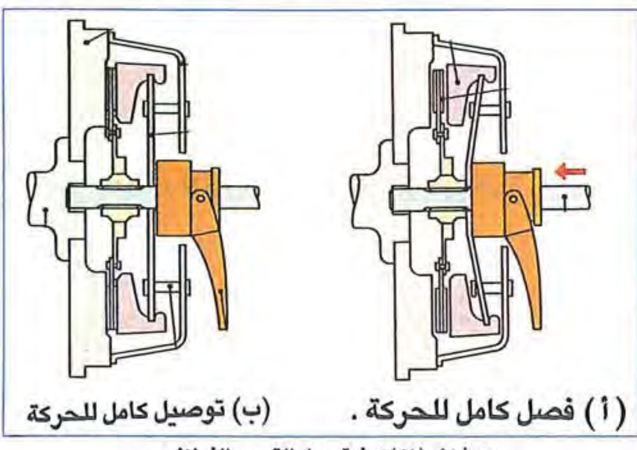
هناك نوع جديد الآن لموصلات الحركة يستخدم فيه قرص فولاذي مرن بدلا من الزنبركات ليباشر الضغط على قرص توصيل الحركة، شكل (٥) . ويتميز هذا النوع بخفة وزنه وسهولة تشغيله وصيانته وانخفاض ثمنه.

يوضح شكل (٦) نظرية عمل القرص الفولاذي وأسلوب ضغطه على حلقة الضغط ، ففي حالة استرخائه فإنه يدفع حلقة الضغط بعيدا عن قرص الحركة فتنفصم الصلة بين المحرك والعربة كما هو موضح في الشكل (٧ - أ)، وعندما يرفع السائق قدمه عن قَدَمَةِ موصل الحركة ، شكل (٧ - ب) يعود القرص الفولاذي إلى شكله المخروطي دافعا حلقة الضغط بأكبر قوة ممكنة للضغط على قرص الحركة وبالتالي تنتقل الحركة بكاملها من محرك السيارة إلى صندوق التروس وبالتالي إلى السيارة .



● شكل (٤) نظم موصل الحركة .

● شكل (٦) القرص الفولاذي



● شكل (٧) كيفية عمل القرص الفولاذي .







قيمة الحرف (ن)

ح ج ث ت ب أ

× ن

أ ح ج ث ت ب

في عمليــة الضرب هــذه كل حرف مــن الحـروف المذكورة عــاليــه يمثل رقما يختلف عن الأرقــام الخاصة بالحروف الأخرى .

ما هو الرقم الذي يمثله الحرف (ن) ؟

حل مسابقة العدد العشرين

(زوجة إبراهيم)

لحل المسابقة يجب أن نعرف المرأتين اللتين عمرهما أقل من ثلاثين عاما والمرأتين اللتين تعملان إداريتان

من المعطيات في (١) و (٣) و (٤) إمــا نورة أو حصة في نفس الفئــة العمرية التي بها فــاطمة وخديجة ، لذلك فاطمة وخديجة في الفئة العمرية التي أقل من ثلاثين سنة .

من المعطيات في (٧) إبراهيم لن يتزوج أيا من فاطمة أو خديجة .

من المعطيات في (٢) و (٥) و (٦) إمــا خديجة أو نــورة من نفس طبيعة عمل رقيــة وحصة ، لذلك رقية وحصة تعملان إداريتان .

من المعطيات في (٧) إبراهيم لن يتزوج أيا من رقية أو حصة .

من المعلومــات سابقــا إبراهيم سوف يتــزوج نورة التي عمرهــا أكثر من ثــلاثين سنة وتعمل معلمة .





أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة (قيمة الحرف« ن ») فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي :ـ

١ـــ ترفق طريقة الحل مع الإجابة .

٢ـــ تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء .

٣ـــ يوضع عنوان المرسل كاملا .

٤ـــ آخر موعد لاستلام الحل هو ١٠/٣/١٤١٣هـ .

سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل ، وسيمنح ثلاثة من أصحاب الإجابة الصحيحة جوائز قيمة ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله .

الفائزون في مسابقة العدد العشرين

تلقت المجلة العديد من الرسائل التي تحمل حل مسابقة العدد العشرين « زوجة إبراهيم » ، وقد تم استبعاد جميع الحلول التي لم تتقيد بشروط المسابقة ، وكذلك الرسائل التي وصلت متأخرة عن الموعد المحدد . وبعد إجراء القرعة على الحلول المستوفية الشروط فاز المتسابقون التالية أسماؤهم :ـ

١ـ محمد أحمد القطان

٢ـ صالح علي عبد الله السحيباني

٣ـ سارة السعيد إبراهيم شبانة

ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدايا قيمة ، حيث سيتم إرسالها لهم على عناوينهم ، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظا وافرا في مسابقات الأعداد المقبلة .



بحوث علمية

حساب قابلية الرمل والأسفلت السعودي في الحماية ضد النيوترونات السريعة وأشعة جاما

نظرا للإهتمام المتزايد بالتصميمات والإنشاءات الهندسية التي تخصص للوقاية من الإشعاعات ، فقد قامت مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية بدعم مشروع بحثي بهدف استخدام رمال الصحراء المتوفرة بكميات كبيرة وكذا الأسفلت لتحديد إمكانية استخدامهما في الحماية من الإشعاعات . وقد قام الدكتور توفيق أحمد القصير الأستاذ بكلية الهندسة جامعة الملك سعود بدور الباحث الرئيس لهذا المشروع .

وقد تضمن المشروع ثلاثة أقسام رئيسة هي :-

١ - نقل أنظمة حاسب آلي معقدة ومعلومات من المكتبات في حقل الحماية من الإشعاعات وتهيئة النتائج للحاسب الآلي في **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** .

٢ - حساب الحماية من الإشعاعات للملاجيء الذرية المصنوعة من رمال الصحراء ومن طبقات الأسفلت ضد القنبلة النيوترونية وإشعاعات انشطارات الرؤوس النووية .

٣ - حساب انتقال الإشعاع لجدران الحماية البيولوجية المصنوعة من رمال الصحراء وطبقات الأسفلت ضد النيوترونات الصادرة من تجارب الإنفجارات الإنشطارية والإندماجية .

تم في المشروع دراسة عدة نماذج حسابية لتقرير مقدار الجرعات الإشعاعية داخل المخبأ الذري ، وقد اعتبر انفجار قنبلة نيوترونية بقدرة ١ كيلو طن (تي. إن. تي) على ارتفاع ٢٠٠ متر فوق سطح الأرض مصدرا للنيوترونات عالية الطاقة، وباستخدام قواعد المعلومات والحاسب الآلي وجُد أن ما سمكه ٢٥٠ سم من مخاليط الأسفلت والرمال الحمراء المتجانسة قد أعطت معاملات الحماية من الإشعاع كما يلي :-

أعطت نسبة ٦٪ أسفلت و ٩٤٪ رمل معامل حماية ضد طاقات النيوترون وأشعة جاما تعادل ٣,٢٢ مرة أكثر من معامل حماية الخرسانة ذات السماكة المتشابهة ،كما أعطت معامل حماية ضد كافة طاقات أشعة جاما المحسوبة تعادل ٢,٦٩ قدرة الخرسانة ذات نفس السمك ، وحماية ضد أشعة جاما ذات الطاقة العالية تفوق ٢,٦٥ مرة حماية الخرسانة و ٢,٢٢ مرة في حالة الأشعة ذات الطاقة المنخفضة .

وبالنسبة لمعامل الحماية ضد النيوترونات ذات الطاقة المنخفضة فقد وجُد أن خليطا متجانسا من ٤٠٪ أسفلت و ٦٠٪ رمل أعطى معامل حماية يفوق ٢,٠١ مرة معامل حماية الخرسانة ذات نفس السمك وبالنسبة للنيوترونات السريعة فقد وجد أن أحسن مخلوط متجانس هو للرمل الصافي ١٠٠٪ حيث أعطى معامل حماية يعادل ٤٠٪ من قدرة الخرسانة ذات السمك المتشابه.

وكجزء من الدراسة في هذا المشروع ، فإن المنشآت التجريبية للنيوترونات الإندماجية قد أمكن تمثيلها بكرة يبلغ نصف قطرها ٥ أمتار وتحتوي على مولد نيوتروني بطاقة ١٤ مليون إلكترون فولت وقدرة انبعاث 10^{12} نيوترون / الثانية .

وبالنسبة لهذه المنشآت التجريبية فقد تم التحقق من عدة تركيبات لخاليط متجانسة من الأسفلت والرمل الأحمر بسمك ٢٠٠ سم. ومن أنواع التركيبات الست التي تم اختبارها لإيجاد معامل الحماية الأفضل لجدران المنشآت التجريبية أمكن الحصول على النتائج الآتية :-

أعطى ما سمكه ٢٠٠ سم من مخلوط الأسفلت (١٠٪) الرمل المتجانس (٩٠٪) معاملات حماية ضد طاقة النيوترونات وأشعة جاما تفوق الحماية بالخرسانة المسلحة بحوالي ٢,٠٥مرة ، و ضد أشعة جاما المحسوبة بحوالي ١,٩٦ مرة ، ضد أشعة جاما ذات الطاقة العالية بحوالي ١,٧٩مرة ، ضد أشعة جاما ذات الطاقة المنخفضة بحوالي ٢,١ مرة . كما ثبت أن ما سمكه ٢٠٠ سم من التركيبات الطبقية والتي تكون فيها طبقة الأسفلت إلى الداخل وطبقة الرمل الى الخارج قد أعطى معاملات حماية ضد أشعة جاما ذات الطاقة المنخفضة تفوق الحماية المتحصل عليها من نفس السمك من الخرسانة بمقدار ٦,٠٩ مرة ، وذلك باستخدام طبقة أسفلت داخلية بسمك ٨٠ سم و طبقة رمل خارجية بسمك ١٢٠ سم ، أما معدل الحماية باستخدام طبقة رمل بسمك ١٨٠سم إلى الداخل وأسفلت بسمك ٢٠ سم إلى الخارج ضد كافة النيوترونات المحسوبة فقد كان معادلا لـ ١,١٨مرة من المعدل المتحصل عليه من الخرسانة ذات نفس السمك .

أثبت هذا العمل أن رمل الصحراء الأحمر والأسفلت المحليان والمتوفران بكثرة، يمكن إستعمالهما كبدائل للخرسانة عالية التكاليف نسبيا في تحصين المخابيء الذرية ومنشآت التجارب النيوترونية ضد خطر الإشعاع .

ندوة عن العلاج الغذائي

ينظم مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز الأبحاث بالرياض ندوة حول العلاج الغذائي وذلك في الفترة ما بين ٢٦ إلى ٢٧ يناير ١٩٩٣م.

سيتم في الندوة تغطية الموضوعات التالية :ـ

العادات الغذائية وعلاقتها بالمرض، الاضطرابات الدهنية، اضطرابات التمثيل الغذائي، الحمية لأمراض الكلى .

يشارك في الندوة متحدثون مدعوون من الخارج ، وقد دعا منظمو الندوة المختصين للمشاركة ، وحُدد يوم ١٩٩٢/٧/١٥م كآخر موعد لتقديم ملخصات البحوث .

جراثيم جنون البقر تبقى في التربة طويلا

أدت كارثة انتشار مرض جنون البقر في أوربا خاصة في انجلترا التي تسببت في موت كثير من الأبقار والأغنام إلى لجوء أصحاب القطعان لدفن جثث تلك الحيوانات بشكل جماعي . ورغم مضي أكثر من ثلاث سنوات على الحادث إلا أن الخطر لم يزل قائماً بسبب وجود الميكروب المسبب للمرض الذي يشبه الفيروس حياً في التربة ومحتفظاً بقدرة فتكه، مما يؤكد أن الإجراءات السابقة لدفن تلك الحيوانات لم تكن آمنة بالقدر الذي يمنع ظهور المرض مرة أخرى .

تم إجراء تجربة وذلك بأخذ عينات ملوثة بالميكروب وخلطها مع تربة غير ملوثة في عدد من حاويات صغيرة تم دفنها في حديقة لمدة ثلاث سنوات . وعند فحص تلك الحاويات إتضح أنها تحتوي على كميات قاتلة من الميكروب . وقد أشار **بول براون** (Paul Brown) أحد العلماء الذين أجروا التجربة بالمعهد الوطني لاضطراب الجهاز العصبي بانجلترا إلى أن فترة الثلاث سنوات غير كافية لزوال ميكروب المرض، وقد تمتد إلى حوالي عشر سنوات . ويشك **براون** في أن المواد الكيميائية الحارقة المستعملة للتخلص من الميكروب في الحيوانات الميتة المطمورة لم تكن بالقدر الكافي لقتل كل الميكروبات، وأنه لابد من إجراء التجارب لتحديد التركيز المناسب من المواد الكيميائية للتخلص من خطر تلك الحيوانات . إضافة إلى ذلك فإنه يعتقد أن أماكن طمر الحيوانات المصابة لابد أن تكون معروفة لتجنب الرعي فيها لفترة عشر سنوات على الأقل . ويعزو العالم **براون** إصابة بعض الأبقار والأغنام بالمرض لرعيها في الأماكن التي طمرت فيها الحيوانات المصابة بالمرض قبل فترة . ورغم أن التجربة التي أجراها **براون** ومجموعته تحتاج إلى تعضيد علمي بتجارب أخرى إلا أن التحذيرات التي جاءت عنها تستحق أن تؤخذ في الحسبان .

المصدر Science News, Feb. 1991, Vol. 139, # 6, P 84.

مؤتمر لرعاية المعاقين

سيعقد بالرياض المؤتمر العالمي الأول للجمعية السعودية الخيرية لرعاية الأطفال المعاقين في الفترة ما بين ١٣ إلى ١٤١٣/٥/١٦هـ الموافق من ٧ إلى ١٩٩٢/١١/١٠م . وتتضمن محاور المؤتمر الموضوعات التالية:ـ

- الإعاقة : أسبابها ، أنواعها ، مدى انتشارها .
- الوقاية من الإعاقة .
- خدمات المعاقين .
- تربية وتعليم وتأهيل المعاقين .
- حقوق المعاقين .
- هندسة وتقنيات التأهيل .
- موضوعات أخرى عن الإعاقة .

وستكون اللغات المستخدمة في المؤتمر هي اللغتين العربية والإنجليزية .

الجائزة الاسترالية للعلوم ١٩٩٣

أعلنت وزارة العلوم والتقنية الاسترالية أن موضوع جائزة العلوم لعام ١٩٩٣م سيكون عن « الإدراك الحسي » . ويشمل ذلك العلوم المتعلقة بطبيعة وطرق الإدراك الحسي (السمع النظر اللمس والحواس الأخرى) في الإنسان والحيوان . إضافة لذلك فإن الموضوع يمكنه أن يشمل طرق الإستفادة من المعلومات الخاصة بنمذجة ومحاكاة الإدراك الحسي للإستفادة منها في تعويض واستبدال بعض أجزاء الحواس المعطوبة .

تمنح الجائزة العالمية وقدرها ربع مليون دولار للعمل العلمي المتميز في هذا المجال والذي يسهم بالإرتقاء بالحياة البشرية، وسيعلن الفائز (الفائزون) بالجائزة في يناير ١٩٩٣.

آخر موعد للترشيح للجائزة هو يوم ١٩٩٢/٧/٣١ وتقدم الترشيحات الى :ـ

Rob Shackleford
S & T Awareness
DITAC
Canberra (NR 325)
AUSTRALIA

مبيد حشائش حيوي

استطاع العالم **دونالد وايسي** (Donald Wyse) ومجموعته بجامعة مينسوتا بالولايات المتحدة الأمريكية استنباط أول مبيد حشائش حيوي ، وهو عبارة عن نبات ينتشر بسرعة على سطح الأرض مكونا غطاءاً سميكاً لايسمح بنمو أي حشائش أخرى بل يقتل أي حشائش كانت موجودة . وينمو هذا النبات على سطح الأرض ولاينافس المحصول المزروع على أشعة الشمس ، وعلى الرغم من نموه السريع فإن فترة حياته قصيرة بحيث لايشكل على المحصول المزروع منافسة كبيرة على الماء والعناصر الغذائية . وقد تم استنباط هذا النبات بوساطة التزاوج بين نباتين من النوع (Brassica campestris) الذي تتبع له نباتات مثل الكُرنب الصيني واللفت .

تم إجراء تجربة حقلية لهذا المبيد الحيوي على الحشائش التي تنمو مع الذرة الشامية العام الماضي، وذلك بنثر بذوره على خطوط محصول الذرة مما أسفر عن نمو غطاء نباتي ذي أوراق عريضة وصل إرتفاعه إلى حوالى ٢٠سم وظل مخضراً لفترة خمسة أسابيع مخلفاً وراءه نبات الذرة الشامية الذي خلا من الحشائش بنسبة ٨٠٪ . وقد جعلت هذه النتيجة من المبيد الحيوي منافساً للعديد من المبيدات الكيميائية ، إضافة إلى أنه لا يؤثر على إنتاجية محصول الذرة الشامية .

ويفكر العلماء في إجراء مزيد من التجارب للتأكد من كفاءة هذا المبيد الحيوي مع محاصيل أخرى ومن عدم تحوله إلى نوع من الحشائش غير المرغوبة في الحقول التي يزرع فيها .

المصدر Science News, March 1991, Vol. 139, # 11, P 175 .



مـع القـراء

ما زال يرد إلى المجلة العديد من رسائل القراء الكرام التي تحمل في طياتها إعجـابهم بالمجلـة واستجابتهم لـرغبتهـا في تلقي آرائهم ومقترحاتهم البنـاءة والتي لا شك أن لها أكبر الأثر في تطويرها شكلا ومضمونا ، وقد احتوت رسائل القراء على شتى المواضيع من استفسارات واقتراحات ومدح وعتاب ونقد بناء . ولم تنقطع أيضا الـرسائل التي يبدي أصحـابها رغبتهم في الإشتراك في المجلة ، والمجلة من جـانبها لا يسعهـا إلا الترحيب الصادق بكل مـا يردهـا من رسائل تزخر بشتى المشاعر التي عبر عنها قراؤنا الأعزاء .

ونـؤكـد للجميع بأننـا لا نهمل أيـة رسالـة ، وأن كل ما تحمله الـرسائل من مقترحات وآراء وطلبات تجد منا اهتماما بالغا ....والآن مع رسائلكم .

● الأخت المعيـدة / منيرة راشـد العثمان ـ الرياض

رسائل القراء توجه إلى رئيس تحرير المجلـة على العنـوان الموضح في صفحـة الغلاف الأول الـداخلية وقـد أرسلنا لك العـددين ١٩ ــ ٢٠ الخاصين بالأحيـاء الدقيقة.

● الأخ / زيد ناصر الزيد ـ سدير

المقـال الذي بعثت بـه بعنوان (أثـر المسلمين في تقدم العلـوم) قيد الـدراسة وسنـرى إمكانيـة نشره في أحد الأعـداد المقبلـة ، ونشكـرك على هـذه المشـاركـة الطيبـة ، وقـد أرسلنـا لك الأعـداد التي طلبتها . ولك تحياتنا .

● الأخ / أيمن الشيخ ـ جدة

اقتراحـاتك جيـدة وبناءة وستكـون محل عنـايتنـا وخـاصـة مـا يتعلق بتخصيص ملحق بالمجلة يكـون بمثابة فهرس شامل لما تم عـرضه من مواضيع خـلال فترة معينـة . أمـا الأعـداد التي طلبتها فقد تم ارسالها ، ونأمل أن تكون قد وصلتك .

● الأخ / عبدالرحمن معـلا الرفاعي ـ المدينة المنورة

لقد أرسلنـا لك الأعداد التي تـوفرت لدينا من الأعـداد التي طلبتها في رسالتك كـما أعـدنا لك المبلـغ الـذي أرسـلته إذ أن الأعـداد التي نبعثهـا للقـراء تكـون مجانية . .

● الأخ / عبـد المهيمن هـاشم محمـد أحمد ـ مكة المكرمة

رسـائلك السابقة لم تصل ، ونحن لا نهمل أي رسـالـة مـن رسـائل قـرائنـا الأعزاء، وعموما فالأعداد التي طلبتها تم ارسـالها لك على العنـوان المذكـور في رسالتك ، نأمل أن تكون قد وصلتك ، مع إطيب تمنيات أسرة المجلة .

● الأخ / زاهـر أبـو سمـــرة ـ الرياض

سعـدنـا بـوصـول رسـالتك ومـا تضمنته من مشاعـر طيبة تجاه المجلة ، وقـد أرسلنـا لك الأعـداد الخاصـة بالحاسب الآلي .

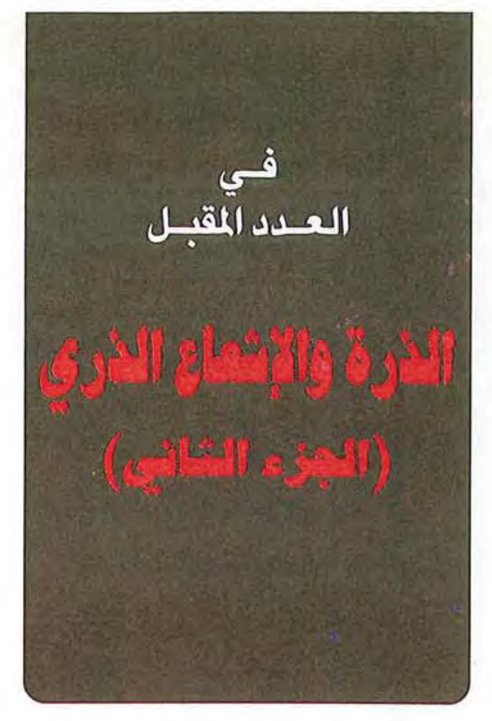
● الأخت / فاطمة عطرجي ـ جـدة

نشكرك على ما جاء في رسالتك ، وما نقدمه من خدمـة لقراء المجلة ليس إلا ما يمليـه علينـا الـواجب تجاه أبنـاء هـذا الـوطن ، وقـد تم إرسال العـدد التـاسع عشر الذي طلبتيـه ، آملين أن تجدي فيه الفائدة .

● الأخ الأستـاذ / أحمد مـرعي النقشبندي ـ أبها

مـا ذكـرتـه في رسـالتك من إشـادة بـالمجلـة ومحتـواهـا يثلج صـدورنـا ويـدفعنـا إلى بـذل المزيـد من الجهـود للوصـول بها إلى أرقى المستويـات التي ننشـدها ، وقـد أرسلنا لك الأعـداد التي طلـبتها ، كما سنعمل على إيصال المجلة لك بانتظام ، إن شاء الله .

التعاون مع موظف التعداد واجب وطني



في الطب





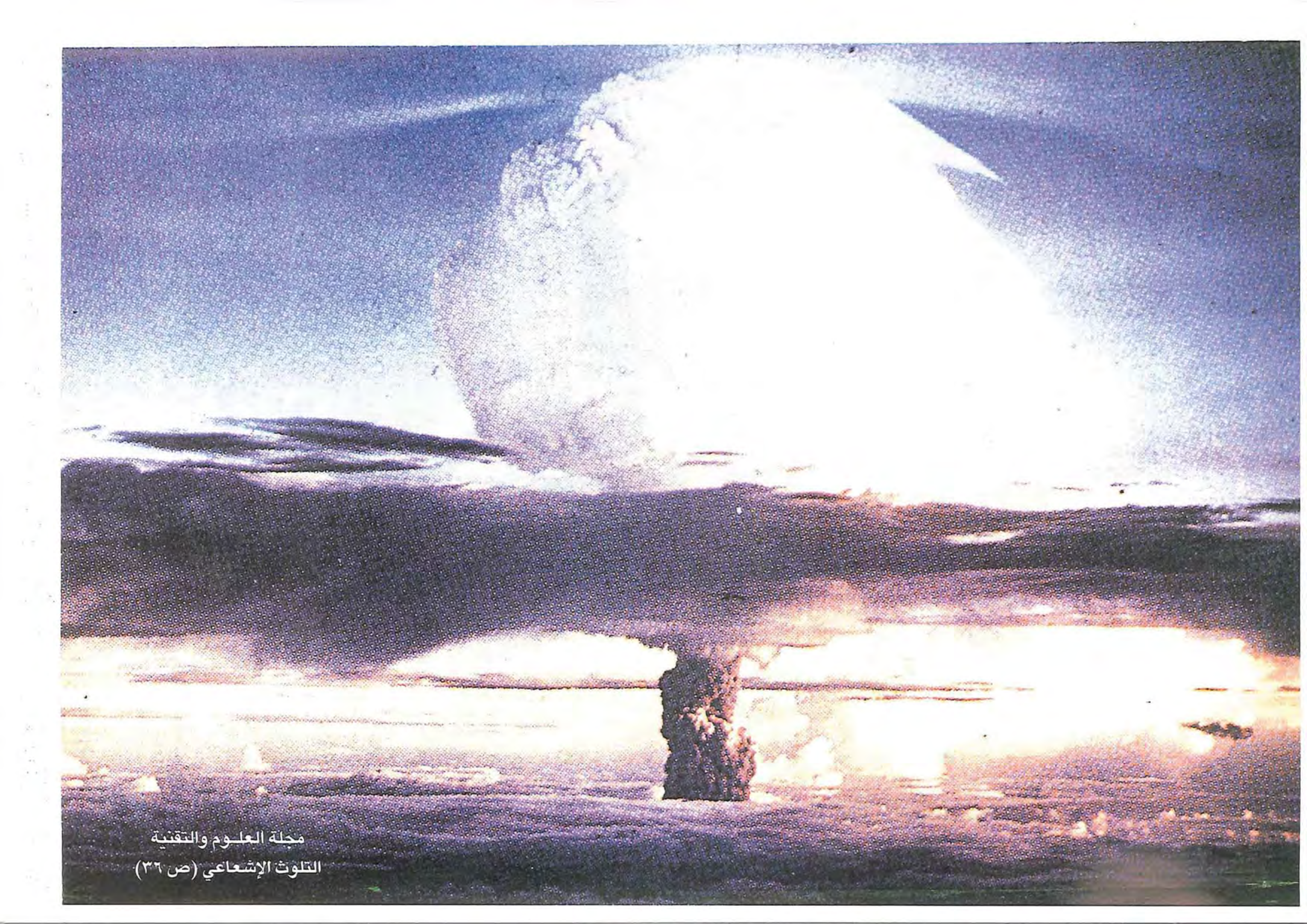
في الصناعة



في الزراعة

وكيل التوزيع : الشركة الوطنية الموحدة للتوزيع
ص.ب ٦١٤٦٦ ـ الرياض ١١٥٦٥
هاتف : ٤٧٨٢٠٠٠

مطابع الشرق الأوسط
تلفون ٤٠٢٧٦٣٣ ـ الرياض


مجلة العلـوم والتقنية
التلوث الإشعاعي (ص ٣٦)



● مجلة علمية تصدرها مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية ● السنة السادسة ● العدد الثاني والعشرون ● ربيع الآخر ١٤١٣ هـ / اكتوبر ١٩٩٢م

الذرة والإشعاع الذري
(الجزء الثاني)

التطبيقات
- في الطب
- في الصناعة
- في الزراعة

ISSN 1017 3056

منهاج النشر

أعزاءنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية واستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :

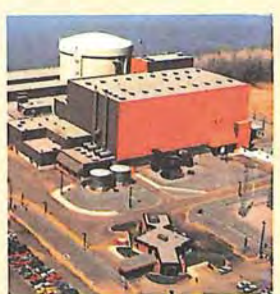
١ ـ يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط ان لا يفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .
٢ ـ ان يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .
٣ ـ في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الاشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال .
٤ ـ أن لا يقل المقال عن أربع صفحات ولا يزيد عن سبع صفحات طباعة .
٥ ـ إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .
٦ ـ إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .
٧ ـ المقالات التي لا تقبل النشر لا تعاد لكتابها .

يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح مابين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

محتويات العدد


التطبيقات الصناعية

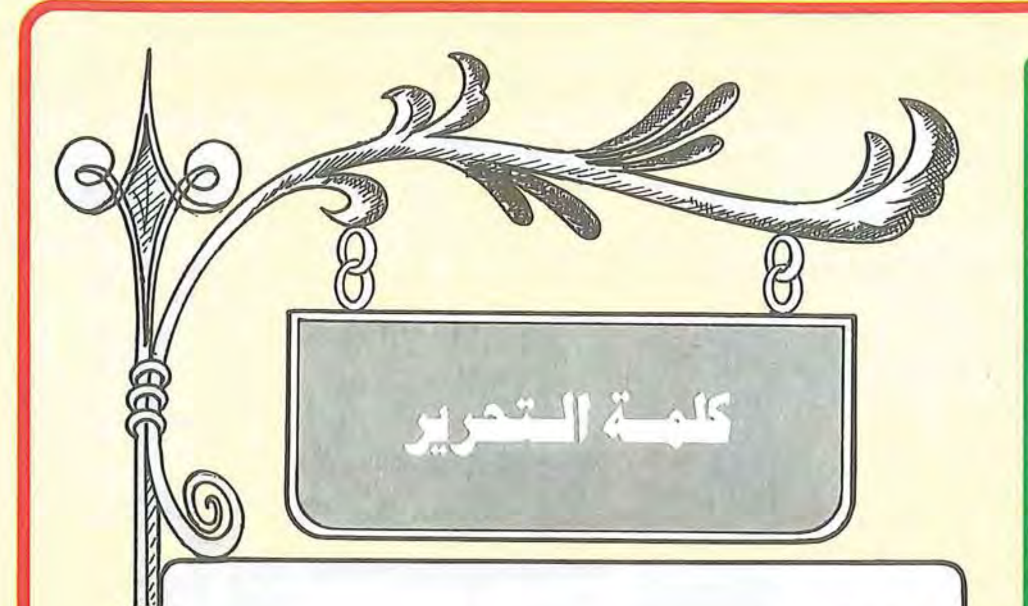

تنقية المواد المشعة


الطاقة النووية

المراسلات

مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر
ص.ب ٦٠٨٦ ــ الرمز البريدي ١١٤٤٢ ــ الرياض
ترسل المقالات باسم رئيس التحرير ت : ٤٨٨٣٤٤٤ ـ ٤٨٨٣٥٥٥

Journal of Science & Technology
King Abdulaziz City For Science & Technology
Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. - P.O.Box 6086
Riyadh 11442 Saudi Arabia



أعزاءنا القراء

ها نحن نضع بين أيديكم العدد الثاني والعشرين من مجلة « العلوم والتقنية » ، وهو يجيء متلازما لزيادة الطلب على تلك المجلة مما جعلنا نضطر إلى زيادة النسخ المطبوعة منها تلبية لرغبة القراء وأصدقاء جدد من داخل المملكة وخارجها . وأنه بقدر ما يسعدنا أن يصل الإهتمام بالمجلة لهذه الدرجة نشعر أن مشاركتكم الفعالة ونقدكم الهادف كان لهما الأثر الفعال في ما وصلت اليه المجلة من شهرة في أوساط قطاع كبير وعريض من الناطقين باللغة العربية . فإن كان في ذلك فضل فأنتم شركاؤنا وأنتم سندنا وعوننا بعد الله في مسيرتنا هذه . .

وبعد أن قدمنا لكم أعزاءنا القراء في العدد الحادي والعشرين موضوع (الذرة والإشعاع الذري) « الجزء الأول » والذي تناولنا فيه المفاهيم الأساس للذرة والإشعاع الذري ، نحسب أنه من المناسب أن نتناول في « الجزء الثاني » جزءا من التطبيقات الخاصة بهذا الموضوع والتي نرى أنها هامة في حياتنا اليومية وساهمت بقدر فعال في تطور كثير من العلوم التطبيقية .

ستجدون أعزاءنا القراء في هذا العدد التطبيقات الطبية والصناعية والزراعية بجانب موضوعات مثل الطاقة النووية ، تنقية المواد المشعة ، المعجلات النووية ، والرصد البيئي للتلوث الإشعاعي ، هذا بجانب الأبواب الثابتة والتي درجنا على تقديمها .

نأمل أعزاءنا القراء أن ينال هذا العدد استحسانكم ورضاءكم ، مؤكدين أننا نسعد بل نتوق إلى ملاحظاتكم ومشاركاتكم ونقدكم .

والله من وراء القصد . . .

سكرتارية التحرير :

د. يوسف حسن يوسف

د. يس محمد الحسن

أ. محمد ناصر الناصر

أ. عطية مزهر الزهراني

الهيئة الإستشارية :

د. أحمد المتعب

د. منصور ناظر

د. عبدالعزيز عاشور

د. خالد المديني

التصميم والإخراج :

عبدالعزيز ابراهيم

طارق يوسف

* * *



الوكالة الدولية للطاقة الذرية

يتردد كثيراً عبر وسائل الإعلام المختلفة اسم الوكالة الدولية للطاقة الذرية كأحدى الوكالات التابعة للأمم المتحدة التي تعنى بالاستخدامات السلمية لهذه الطاقة في شتى المجالات العلمية . وقد تأسست الوكالة الدولية للطاقة الذرية في ٢٩ يوليو عام ١٩٥٧م بناءاً على قرار الجمعية العامة لهيئة الأمم المتحدة بغرض توسيع ودفع عجلة الاستخدامات السلمية للطاقة الذرية في العالم .

وتعد الوكالة مركزاً دولياً للخبرة في المجالات السلمية للطاقة الذرية، ومن خلال برامجها المختلفة تقوم الوكالة بتزويد الدول الأعضاء بالاستشارات الفنية والعلمية ، وتدعم البحوث والمشاريع ، وتقيم المؤتمرات والندوات ، وتقدم المنح التدريبية والبحثية .

تتألف الوكالة من ستة عشر ومائة عضواً من دول العالم حيث انضمت لها المملكة عام ١٩٦٢ لتصبح العضو السادس والسبعين آنذاك .

ينعقد المؤتمر العام للوكالة مرة في السنة لمناقشة سياسات الوكالة وبرامجها وإنجازاتها وميزانيتها التي تدفعها هذه الدول والتي تتجاوز مائة مليون دولار في السنة ، بالإضافة إلى التبرعات التي تدفعها الدول الغنية على شكل معونات عينية أو برامج تدريبية أو غيرها .

الهيكل التنظيمي للوكالة

يتبوأ المدير العام رأس الهرم الإداري للوكالة حيث تقع على عاتقه مسؤولية الإدارة العامة للوكالة وتنفيذ برامجها ويعاونه في ذلك خمسة مساعدين للقيام بأعباء ومسؤوليات إدارات الوكالة الرئيسة كما هو موضح في المخطط التنظيمي للوكالة .

- **إدارة التعاون التقني**
- **إدارة الطاقة والسلامة النووية**
- **إدارة الشؤون الإدارية**
- **إدارة البحوث والنظائر**
- **إدارة الضمانات**

وتضطلع هذه الإدارات بمهام محددة بعضها إداري والآخر يتعلق بالجانب الفني والعلمي من أعمال الوكالة حيث تتفرع كل إدارة إلى عدد من الفروع لتشمل معظم التخصصات التي تقع ضمن التطبيقات السلمية للطاقة الذرية ، ومن أهم المجالات التي تعمل فيها الوكالة في الوقت الحاضر مايلي :ـ

١ـ القوى النووية ودورة الوقود

في نهاية عام ١٩٨٤م أصبح عدد محطات القوى العاملة في العالم ٣٤٤ محطة بطاقة إنتاجية إجمالية ٢١٩ جيجا وات تشكل ١٣٪ من إنتاج العالم من الكهرباء ، وارتفع عدد المحطات في نهاية عام ١٩٩٠م حتى وصل إلى ٤٢٣ محطة بطاقة إنتاجية ٣٩٨ جيجاوات من الكهرباء .

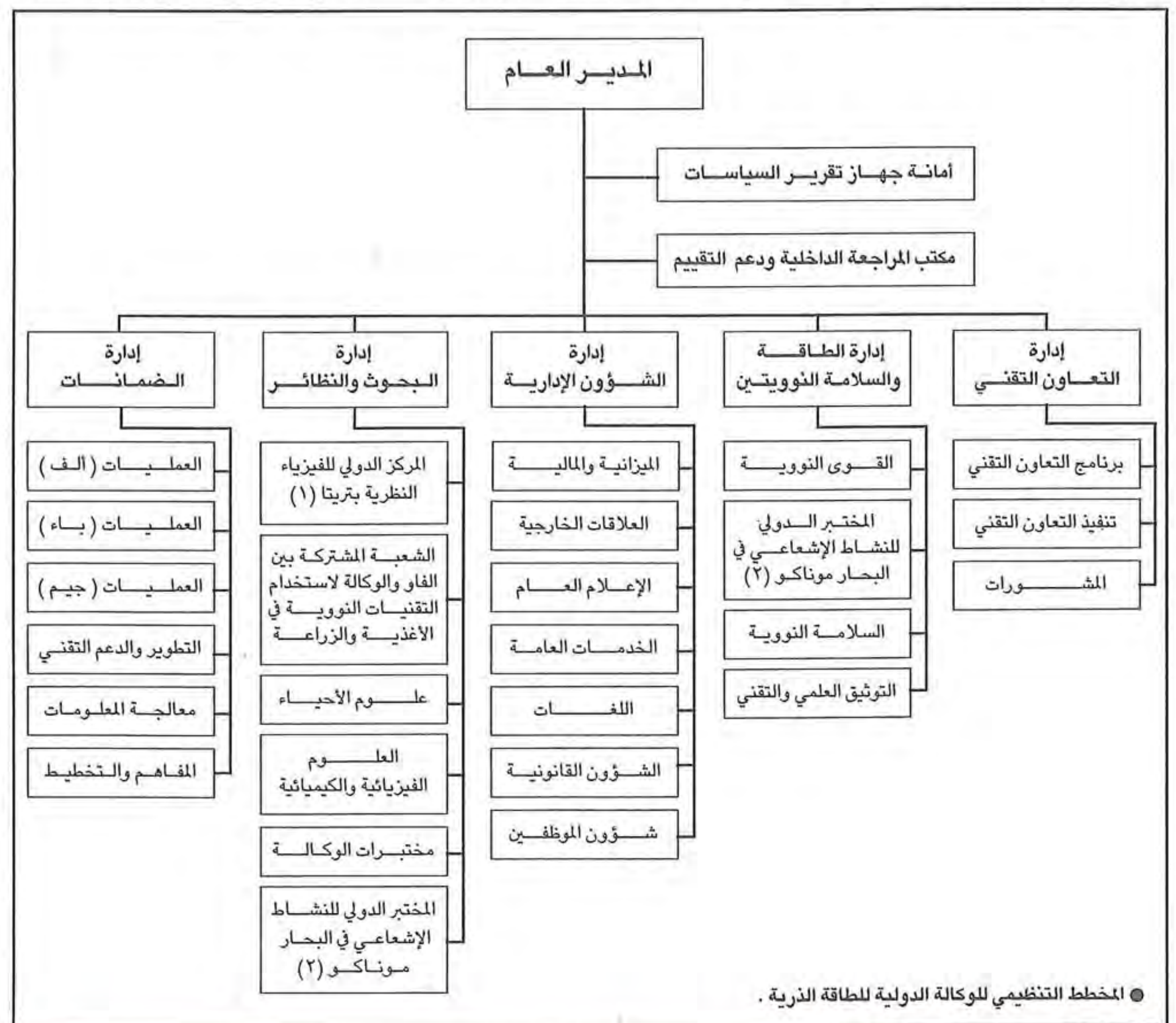
وكان للوكالة دور في عقد العديد من الحلقات الدراسية والعملية لتعزيز تبادل الخبرة في مجال استخدام منهجيات الوكالة في تخطيط الطاقة والكهرباء والقوى النووية ومقارنة ذلك مع محطات القوى التقليدية ، ولدى الوكالة نظام للمعلومات عن مفاعلات القوى يعمل كأداة رئيسة في التحليل الإحصائي لاداء محطات القوى النووية.

وتشمل نشاطات الوكالة في هذا المجال دراسات عن الحلول المتعلقة بمواجهة انقطاع تشغيل محطات القوى النووية وكذلك تقادمها وتمديد أعمارها وأيضاً الدراسات المتعلقة بإنتاج مياه الشرب باستخدام المفاعلات النووية لحل مشكلة التفاقم في النقص المتوقع لمياه الشرب في أرجاء عديدة من العالم .

وفي مجال دورة الوقود يشمل نشاط الوكالة عقد اجتماعات ومؤتمرات لمناقشة الآثار البيئية لمرافق دورة الوقود النووي ، وموقف الجمهور إزاء تلك الآثار وكذلك التطورات المتوقعة في إنتاج وصناعة اليورانيوم ودورة الوقود النووي ثم المخلفات المشعة الناتجة عن ذلك .

٢ـ الأغذية والزراعة

تقدم الوكالة إلى الدول الأعضاء الارشاد في استخدام التقنيات النووية في الزراعة وذلك في سبيل تطوير وتحسين الانتاج الزراعي ، وتتعاون الوكالة في ذلك مع منظمة الأغذية والزراعة التابعة للأمم المتحدة ، وقد أنشأت الوكالة قسم خاص للتقنيات النووية في الغذاء



● المخطط التنظيمي للوكالة الدولية للطاقة الذرية .

والزراعة بدأ نشاطه سنة ١٩٦٤م من أجل وضع الحلول للمشاكل التي تعاني منها الزراعة والغذاء والانتاج الحيواني في دول العالم الثالث ، ويهتم هذا القسم بدعم البحوث المشتركة بهدف تطوير طفرات جديدة من المحاصيل وتقليل الخسائر الناتجة عن الإصابة بالآفات والأمراض وتحسين الإنتاج الحيواني وكذلك منع التلوث البيئي ، والوكالة تدعم في الوقت الحاضر أكثر من ٤٠٠ مشروع في الدول الأعضاء ، وتبدي الوكالة اهتماماً بموضوع حفظ الأغذية بطريقة التشعيع وقد كونت لذلك فريقاً استشارياً لتقديم المعلومات واسداء المشورة للدول الأعضاء ، كما تتعاون الوكالة ومنظمة الصحة العالمية في مجالات تأمين عملية تشعيع الأغذية ووضع التشريعات ذات الصلة ودراسات الجدوى .

٣- الصحة والطب النووي

نتيجة للنمو المستمر في استخدامات النظائر المشعة في الطب النووي بشقيه التشخيصي والعلاجي فإن الوكالة تقوم بدور حيوي في سبيل تنمية تطوير هذا الاستخدام، وتقوم الوكالة بالتعاون مع منظمة الصحة العالمية بدور فعال في تنشيط العمل والأبحاث في هذا المجال، وقد قدمت مساعدات فنية متنوعة لما يزيد عن سبعين دولة من الدول الأعضاء . وتتنوع سبل التعاون بين الدول الأعضاء والوكالة في هذا المجال حسب حاجة هذه الدول وإمكانياتها ، وتشمل أهم النشاطات التعاون التقني وتدريب الكوادر البشرية في مجال الطب النووي وكذلك تعزيز برامج البحوث في البلدان النامية . وتهتم الوكالة بتوحيد معايير قياس الجرعات الإشعاعية بصفة عامة وفي مجال الطب النووي بصفة خاصة ، ولتحقيق ذلك فقد كونت شبكة بالمركز الرئيس للوكالة بفيينا مكونة من معامل المعايرة القياسية (SSDL) تتصل بـ ٤٨ مركزاً موزعة في عدد من دول العالم .

٤- العلوم الطبيعية

لتقريب الهوة بين الدول المتقدمة ودول العالم الثالث في مجال العلوم والتقنية فقد تبنت الوكالة إيجاد مراكز علمية للعلوم الأساس تخدم التقنيات المتقدمة وذلك بإنشاء معهد الفيزياء النظرية في تريستا بإيطاليا سنة ١٩٦٤م ، وهو معهد دولي تابع للوكالة تدعمه إيطاليا وعدد من المنظمات الدولية . ويتم تشغيل هذا المركز بجهد مشترك بين الوكالة ومنظمة اليونسكو (UNESCO) من أجل توفير فرص البحث العلمي لأبناء الدول النامية في جو علمي متقدم .

٥- الأمان النووي وحماية البيئة

يعد نشاط الوكالة في هذا المجال متميزاً على مستوى العالم حيث تقوم بوضع المعايير الأساس للحماية من الإشعاع للعاملين في المجال الإشعاعي وكذلك للجمهور وتقوم بوضع أنظمة ولوائح نقل وخزن المواد المشعة وإدارة النفايات المشعة .

وتشمل هذه النشاطات وضع اللوائح والنظم للتشغيل الآمن لمفاعلات القوى والبحوث والتشعيع ونقل وخزن المواد المشعة وكذلك أنظمة إدارة النفايات المشعة .

وتنظم الوكالة عدداً من الدورات التدريبية في مجال الحماية من الإشعاع والتلوث الإشعاعي والقياسات البيئية وتقويم التدابير الوقائية التي اتخذت .

وقد تم إنشاء شبكة التبليغ المبكر عن الحوادث النووية ووضع الصيغة النهائية للمقياس التصنيفي الدولي للحوادث والأحداث النووية لاستخدامه في شبكة التبليغ المبكر عن الحوادث النووية .

٦- الضمانات

تعقد الوكالة مع الدول الأعضاء مايسمى باتفاقية الضمانات ، وهدف الوكالة من ذلك هو التأكد من عدم استخدام المواد والتجهيزات النووية في النشاطات العسكرية ، ويشمل تطبيق هذه الاتفاقية مراقبة حركة المواد النووية ووضع السجلات لها وجردها والتفتيش عليها ، وتعد هذه الاتفاقية ضمن متطلبات معاهدة عدم انتشار الأسلحة النووية (NPT) التي بدأ العمل بها في مارس ١٩٧٠م .

وقد بلغ عدد الدول التي أبرمت هذه الاتفاقية ست وثمانين دولة حتى نهاية عام ١٩٩٠م .

٧- جمع وتبادل المعلومات

تعد عملية جمع وتبادل المعلومات المتعلقة باستخدام الطاقة الذرية السلمية من أهم الخدمات التي توفرها الوكالة للدول الأعضاء ، وهي تملك في هذا الشأن عدداً من مصادر المعلومات مثل المكتبة والوسائل السمعية والبصرية ومكتبة الأفلام المصغرة (MICROFILM) .

وقد تبنت الوكالة في عام ١٩٧٠م إنشاء نظام المعلومات النووية الدولي (INIS) الذي تجمع وتصنف فيه المعلومات المتعلقة بالطاقة الذرية ثم تخزن في الحاسب الآلي على شكل قواعد معلومات يمكن استرجاعها واستفادة الدول الأعضاء منها ، وحالياً هناك أكثر من سبعين دولة و١٤ منظمة دولية تشترك في هذا النظام الذي أستوعب ٩٥٪ من جميع المواد المنشورة في مجال الطاقة الذرية .

خلاصة القول إن الوكالة الدولية للطاقة الذرية تعد من أنشط المنظمات الدولية وأدقها تخصصاً ، لها نشاط متميز على مستوى العالم وذلك بسبب حساسية النشاط الذي تعمل فيه وارتباطه بالنشاط السياسي على مستوى العالم وعلاقات الدول، ورغم أن مواردها المالية محدودة إلا أنها استطاعت أن تؤمن فرصاً تدريبية ومنحاً تعليمية ، وأن تجهز معامل ، وتقدم الرأي والاستشارات الفنية ، وتدعم البحوث والمشاريع سواء في الدول المتقدمة أم في دول العالم النامي .

تنقيـــة المـــواد المشعـــة

د . السعيد ابراهيم شبانة

يدرك العــاملون في مجال التقنية النــووية أهمية الحصــول على النظائر المشعة في صورة نقيــة وبدرجة نقاوة معينــة حسب الأهداف المراد تحقيقها من تلك التنقيــة ، سواء لاستخـدامهـا كوقـود نووي للمفـاعـلات الذريــة والأغـراض العسكـريـة مثل استخـــدام اليـورانيـوم والبلـوتـونيـوم ، أم لاستخدامها في الأغراض الطبية مثل استخـدام التكنسيوم والإنديوم واليود أم لأغـراض البحـث العلمي المختلفـة لتطوير الصناعة والزراعة وغيرها .

يستلزم الحصــول على النظائر المشعــة الطبعية من خـاماتها في البيئة مثل خـامات الثوريـوم واليورانيوم عمليـات فنية كثيرة كـالإستكشـاف والإستخـراج والتركيـز ثم التنقية، حيث أن هذه النظـائر المشعة توجد في خـامـاتها على صورة كيميـائيـة يصعب الإستفادة منها مبـاشرة كما تكون مختلطة بكثير من العنـاصر الأخرى كشـوائب يجب التخلص منهـا ، كـذلـك ينبغي عنـد إنتـاج النظـائر المشعــة صنـاعيـا بـاستخـدام التفاعلات النووية المحكومة داخل المفاعلات والمعجلات الذرية أن تكون المواد الداخلة في التفـاعل على درجة عـالية من النقـاء، وعلى صورة كيميائية معينة لتكون مأمونة داخل المفاعـل ، وتكوِّن المواد الناتجة من التفـاعل النووي خليطا من المواد الـداخلة في التفاعل والمواد الناتجة (نـواتج الإنشطار) منـه مما يتطلب عمليات تنقية كيميـائية لهذا الخليط للحصــول على النظائر المستهـدفة من هـذا المنتج بصورة نقية .

بهذا يتضح مدى أهميـة عمليات التنقية لهذه المواد النـوويـة سواء لإنتـاج الـوقـود النووي أم لإنتاج النظائر المشعـة للأغراض الأخرى أم لمعالجة النفـايات المشعة ، وذلك باستخلاص المفيد منها بـالطرق الكيميائية وتحويل البـاقي إلى صورة يسـهل التعـامل معها لحفظها في مخازن خاصــة معدة لذلك الغرض تسمى مخازن النفايات المشعة .

وقـد بـذل العلماء العـاملـون في مجال العلوم النـوويـة ــ خاصــة علماء الكيمياء ــ جهودا كبيرة لاستنبـاط الأساليـب المختلفة للتنقيـة وتطـويرهـا للـوصـول إلى الهدف المنشود .



طـــرق التنقيـــة

هنـــاك طرق عديدة يمكن اللجوء إليها لإنجاز هذا الهـدف ومنهـا على سبيل المثال لا الحصر طـريقـة استخـــدام المذيبــات العضـوية التي تعتمـد على قـاعدة امتـزاج السوائل ، أو طـريقة المبادلات الأيـونية التي تعتمد على ظاهرة التبادل الأيوني ، أو طريقة الأغشيــة الرقيقـة التي تعتمـد على ظاهـرة النفاذيـة الأيونيـة لغشاء معين ، أو طـريقة الترسيب التي تعتمد على مبدأ اختلاف درجة الـذوبان لأمـلاح النظـائر المشعة المختلفـة وبـالتالي تختلف نقطـة الترسيب من عنصر لآخر حتى يمكـن استغلالها لترسيب عنصر دون الآخـر في ظـروف معينـة ، فضـلا عن طرق عديدة أخرى أقل أهمية . ولكل طريقة من هذه الطرق مميزاتها وسلبياتها الخاصة التي تنفرد بها دون الأخـرى ، وتقدر أهمية الطريقة بمقارنة إيجابياتها بسلبياتها ، مما يجعل كل طريقـة لها ظروف معينـة تكون أكثـر مـلاءمة من الأخـرى ، ومن أهم هـذه الطرق وأوسعها انتشارا على الإطلاق طريقة المبـادلات الأيـونية التـي سوف نعـرضهـا بإيجاز ، وطـريقة المذيبـات العضويـة التي سوف نتعرض لها بشيء من التفصيل .

أولا : طريقة المبادلات الأيونية

المبـادلات الأيونيـة عبـارة عن مركبـات كيميائية في حالة صلبـة وغير قابلة للذوبان في المـاء أو المحـاليل الحامضيـة والقاعـدية وتحتوي جزيئـاتها على ذرات أو مجموعات

ذرية نشطة كيميائيا أي قابلة للتأين في الأوساط المائية ، وعند غمر هذه المبادلات في هذه المحاليل يتم تبادل الأماكن بين الأيونات الموجودة في المحلول وأيونات المجموعة النشيطة بالمبادل ومن هنا جاءت التسمية **بالمبادلات الأيونية** ، وتسمى هذه الظاهرة بظاهرة **التبادل الأيوني** .

درس علماء الكيمياء ظاهرة **التبادل الأيوني** دراسة مستفيضة حتى أمكنهم تطويعها لخدمة التقنية النووية بحيث أنه إذا كان هناك محلول مشع يحتوي على عنصر أو مجموعة عناصر مشعة فيمكن في ظروف معينة أن يكون هناك انتقاء للمبادل، أي يبادل أيون دون الآخر أو الإثنين معا لكن بدرجات متفاوتة ، ويعبر عن مقدار هذا التفاوت بعامل الفصل ، وكلما كان هذا العامل كبيرا كان فصل العناصر المشعة بعضها عن بعض والحصول عليها بدرجة نقاوة عالية أكثر سهولة .

يعتمد التبادل الأيوني على نوع المبادل الأيوني ، وبما أن أنواع المبادلات الأيونية تختلف حسب صفاتها الكيميائية والفيزيائية فإن نماذج التبادل الأيوني متعددة ومتنوعة حسب الإختلاف في تلك الصفات . وتنقسم المبادلات الأيونية إلى نوعين هما :-

١ - المبادلات الأيونية العضوية

هي عبارة عن بوليمرات عضوية ذات سلاسل هيدروكربونية معقدة التركيب وتحتوي على المجموعات الأيونية النشطة مثل مجموعة الهيدروكسيل والكربوكسيل والسلفونيل وغيرها، ومن المبادلات الأيونية العضوية المبادلات الحامضية التي تسمح بتبادل الأيونات الموجبة فقط ، والمبادلات القاعدية التي تسمح بتبادل الأيونات السالبة فقط ، والمبادلات التي تحتوي على مجموعات حمضية وقاعدية في نفس الجزيء وبذلك يمكنها تبادل كل من الأيونات السالبة والموجبة .

ويمكن تمثيل التبادل الأيوني في أبسط صوره بين أحد المبادلات الحامضية وأيون موجب أحادي التكافؤ بالمعادلة أعلاه .

$$R-H + M^{+} \rightleftharpoons R-M + H^{+}$$

حيث أن (R-H) يمثل جزيء المبادل . (R) جزء المبادل الأيوني الصلب الذي لا يذوب في المحلول ، (H^{+}) أيون الهيدروجين الذي يمثل المركز النشط في المبادل والذي يبادل مكانه مع الأيون المشع ، (M^{+}) عبارة عن ايون مشع في محلول ، (R-M) عبارة عن المبادل المحمل بأيونات المحلول المشع بعد عملية التبادل .

٢ - المبادلات الأيونية غير العضوية

هي عبارة عن أكاسيد أو فوسفات أو زرنيخات أو غيرها لبعض عناصر المجموعة الثالثة والرابعة في الجدول الدوري . وغالبية هذه المبادلات - وخاصة الأكاسيد - تبادل الأيونات مع المحاليل المشعة طبقا لحامضية الوسط بحيث أن نفس المبادل يتصرف كأنه حامض ضعيف في الوسط القلوي ، أو كأنه قاعدة ضعيفة في الوسط الحامضي لأنه يحتوي فقط على مجموعة هيدوكسيل تحمل هذه الصفة المزدوجة مما يجعلها تبادل الأيونات الموجبة أو السالبة أو الإثنين معا في المحلول طبقا للأس الهيدروجيني للمحلول وذلك حسب المعادلة التالية :-



مما يوضح أن هذه المبادلات مختلفة السلوك تماما عن المبادلات العضوية .

تمتاز المبادلات الايونية العضوية عن المبادلات الايونية غير العضوية في الآتي :-

(أ) ارتفاع السعة الأيونية ، وهي أقصى كمية من الأيونات المشعة التي يمكن أن يمتصها أو يبادلها المبادل ويعبر عنها بالمليمكافيء أيون لكل جرام من المبادل الجاف .

(ب) سرعة التفاعل ، وبذلك تكون أكثر ملاءمة للفصل الكيميائي للمواد المشعة .

تتأثر خصائص المبادلات الايونية العضوية بارتفاع الطاقة الإشعاعية وارتفاع درجة الحرارة للمحاليل التي يراد معالجتها، وبذلك فإنها في هذه الحالة لا تصلح لمعالجة تلك المحاليل ، إذ يفضل عليها استخدام المبادلات الايونية غير العضوية رغم انخفاض سعتها الأيونية .

تعد المبادلات غير العضوية أكثر ملاءمة للإستخدام في ظروف ذات مستوى عالي من الإشعاع ودرجات الحرارة العالية مثل معالجة أي تسرب لمواد مشعة في مياه تبريد المفاعلات الذرية ذات الحرارة العالية والتي لا تلائم المبادلات العضوية البتة حيث أن المبادلات العضوية تفقد خصائصها عند تعرضها لدرجات حرارة عالية أو للأشعة المؤينة ذات الطاقة الإشعاعية المرتفعة ، إضافة لذلك فإن المبادلات غير العضوية تمتاز بأنها رخيصة الثمن وسهلة التحضير .

ثانيا : طريقة المذيبات العضوية

قبل عرض نماذج مبسطة لهذه الطريقة يمكن التعرض لإحدى خصائص السوائل لتسهيل فهم العملية وهي خاصية **قطبية السوائل** حيث أن هذه الخاصية تتحكم في قابلية امتزاج السوائل التي هي أساس هذه الطريقة .

١ - قطبية السوائل

من المعلوم أن السوائل تتكون من جزيئات متعادلة الشحنة الكهربائية ، وليس معنى متعادلة أنها لا تحمل شحنة كهربائية ولكن معناها أن مجموع الشحنات الموجبةوالسالبة متساو في الجزيء ، وهذه الشحنات ما هي إلا مجموع شحنات بروتونات النواة بالإضافة إلى مجموع شحنات الالكترونات الدارية لذرات هذه الجزيئات ، فإذا كان جزيء المادة السائلة يحتوي على الشحنات السالبة والموجبة بتوزيع متجانس أطلق على هذا الجزيء جزيء **غير قطبي** ، أي أنه ليس هناك استقطاب لشحنة من نوع معين في مكان ما من الجزيء أكثر من الآخر، مثال ذلك سوائل الهيدروكربونات كالبيوتان

والبنتان والهكسان العادي والحلقي والبنزين والتولوين (Toluene) وغيرها .

أما إذا كان هناك تمركز طفيف جدا للشحنة السالبة في طرف معين من الجزيء وهذا الجزيء متعادل الشحنة فلا بد أن يقابله تمركز طفيف مساو من الشحنة الموجبة في مكان آخر من الجزيء ، ويقال أن هذا الجزيء هو **جزيء قطبي** ، أي أن هناك استقطاب للشحنات في أجزاء معينة من الجزيء ، ومثال لذلك الماء الذي يتكون من جزيئات قطبية، والكحولات خاصة قصيرة السلسلة الهيدروكربونية مثل الكحول المثيلي والإثيلي .

بناءا على المبدأ الكيميائي لامتزاج السوائل فإن كلا من السوائل القطبية وغير القطبية يمتزج كل نوع منها بعضه ببعض بسهولة ويسر، وأن السوائل القطبية لاتمتزج بالسوائل غير القطبية ، وبناءا على هذا المبدأ فإن الماء يمتزج بسهولة مع الكحول المثيلي أو الإثيلي لكنه لايمتزج مع البنزين ، والبنزين يمتزج بسهولة مع التولوين والهكسان بنوعيه لكنه لايمتزج مع الماء ، وإذا أضيف الماء للبنزين تتكون طبقتين غير ممتزجتين بحيث تكون الطبقة العلوية للسائل الأقل كثافة وهو البنزين في هذا المثال . وهناك درجات مختلفة للقطبية ينتج عنها درجات مختلفة للإمتزاج ، أي أن هناك امتزاج جزئي أو كلي حسب درجة قطبية السائلين .

الجدير بالذكر أن الأملاح الأيونية تذوب في السوائل القطبية بسهولة لأنها تحمل شحنات موجبة وسالبة عند تأينها بحيث ينجذب كل أيون نحو أحد أقطاب جزيء السائل القطبي المخالف لشحنته ، لذلك فإنه يسهل ذوبان كلوريد الصوديوم في الماء ولا يمكن ذوبانه في البنزين . كذلك تذوب الأملاح المشعة مثل نترات اليورانيوم بسهولة في الماء ولا تذوب في البنزين أو الهكسان ، هذا وقد أمكن تطويع هذه المباديء البسيطة لخدمة التقنية النووية في تنقية النظائر المشعة .

٢ ـ آلية فصل عنصرين مشعين

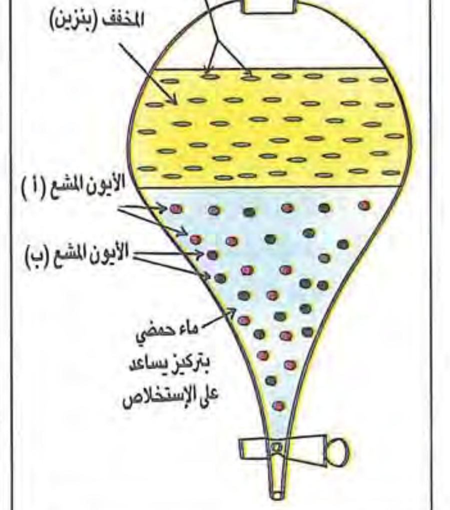
يبين النموذج المبسط الموضح في شكل (١) كيفية فصل عنصرين مشعين بعضهما عن بعض . ولنفرض أن لدينا خليطا من عنصرين (أ) و (ب) في محلوليهما ونريد الحصول على أحدهما نقيا دون الآخر أو الحصول على كل منهما نقيا وذلك باستخدام المذيبات العضوية، وللتبسيط نفترض أن تركيزهما متساو وقد تم التعبير عن ذلك في الشكل بعدد متساو من الأيونات المشعة، ويمكن أن تتم عملية الفصل حسب الخطوتين التاليتين : ـ

(أ) خطوة الإستخلاص

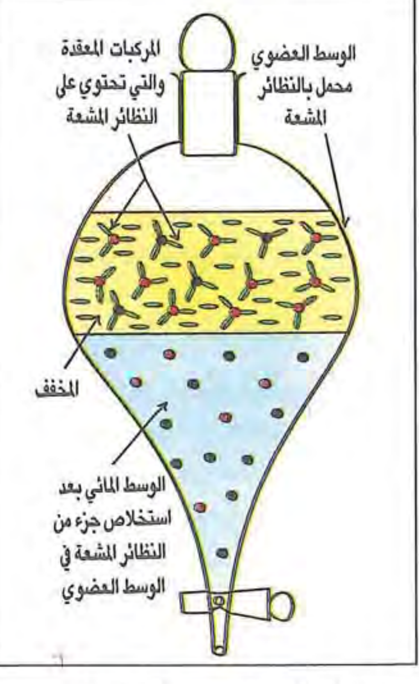
ويتم خلالها استخلاص العنصر أو النظير (أ) من الخليط (محلول الإستخلاص) باستخدام المذيب الذي يتفاعل مع العنصر المشع مكونا مركبا معقدا يذوب في الوسط العضوي دون المائي بناء ا على مبدأ القطبية الخاص بالمحاليل .

(ب) خطوة الإستعادة

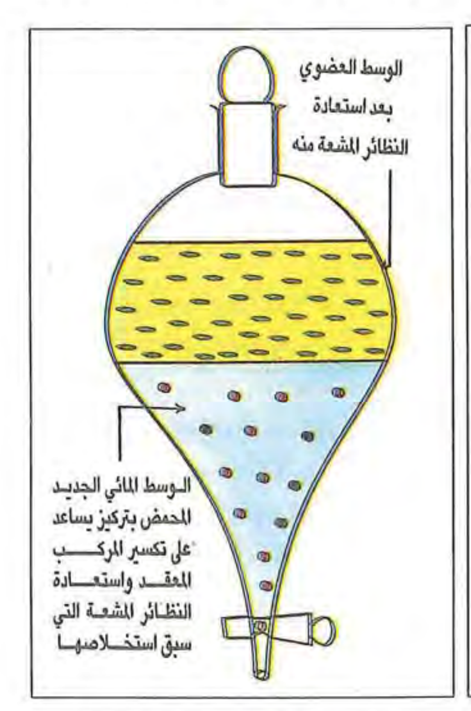
وهي عملية استعادة النظير (أ) من المذيب في وسط مائي آخر (محلول الإستعادة) بعد تفكك المركب المعقد لمكوناته الأولية مرة أخرى ، وهاتان الخطوتان



● شكل (١) الوضع قبل التفاعل .



● شكل (٢) الوضع بعد تفاعل الإستخلاص (خطوة الاستخلاص) .



● شكل (٣) الوضع بعد تفاعل الاستعادة (خطوة الاستعادة) .

تمثلان مرحلة من مراحل الإستخلاص .

وغالبا ما يتم في مثل هذه العمليات استخلاص العنصرين معا لكن بنسب مختلفة تتوقف على عامل الفصل . ففي المرحلة الأولى مثلا إذا تركز في الوسط العضوي ٩٥٪ من العنصر (أ) و ٧٪ من العنصر (ب) فيكون ما يتبقى في الوسط المائي ٥٪ من تركيز العنصر (أ) و ٩٣٪ من تركيز العنصر (ب) ، فإذا تكررت هذه المرحلة مرة ثانية لحلول الإستخلاص (المحلول الأول) بعد التفاعل يمكن بسهولة الحصول على محلول يحتوي على العنصر (ب) بدرجة نقاوة عالية . ويمكن تكرار نفس العملية لحلول الاستعادة للحصول على العنصر (أ) في صورة نقية جدا ، أي أنه في الغالب يلزم تنفيذ التنقية على عدة مراحل للوصول لدرجة النقاوة المطلوبة .

ولتوضيح الصورة يلزم النظر إلى الأشكال (١ ـ ٣) التي تمثل مكونات النظام في المثال السابق قبل التفاعل وبعد التفاعل (خطوة الإستخلاص وخطوة الإستعادة).

يمثل الشكل (١) مكونات النظام قبل التفاعل وهي :ـ

● الوسط المائي : وهو عبار ة عن محلول النظائر المشعة (أ) و (ب) في الماء مضافا إليه تركيز معين من حامض معدني لضبط الرقم الهيدروجيني للمحلول ليكون مناسبا لسير تفاعل الإستخلاص .

● الوسط العضوي : وهو عبارة عن المذيب الذي تم تخفيفه بمادة عضوية سائلة لا تتفاعل مع أي من الوسطين وغير قطبيه تسمى مخفف وهي في هذا المثال البنزين ، والمذيب عبارة عن مركب عضوي لا يمتزج بالماء ولكنه يمتزج بالمخفف ويمكنه التفاعل مع إيونات المادة المشعة مكونا مركبا معقدا عند الرقم الهيدروجيني المعين وله خاصية الذوبان في الوسط العضوي دون المائي ، وفائدة المخفف هي أن يجعل المذيب أقل لزوجة ليسهل سريانه في الأنابيب فضلا عن زيادة كفاءة وسرعة التفاعل .

ويمثل شكل (٢) خطوة الإستخلاص ويتم الحصول على هذا الوضع بعد رج محتويات الإناء ، شكل (١) ، جيدا ثم تركه ليستقر حتى ينفصل الوسطين مرة ثانية .

بعد إتمام التفاعل وتحت تأثير اختلاف القطبية يمكن الحصول على الوضع المبين في الشكل (٢)، وبالتأمل في الرسم نجد الآتي :ـ

١ ـ تفاعل جزء من العناصر المشعة مع المذيب وكوَّن مركباً معقداً يذوب في الوسط العضوي ولايذوب في الوسط المائي ، ويسمى المركب المستخلص (Extracted complex) .

٢ ـ اختلف تركيز العنصرين (أ) و (ب) في الوسط المائي بعد التفاعل كما هو مبين في الرسم وقد تم التعبير بأعدادهما في المحلول المائي حيث أن للأخير الغلبة على الأول واختلف أيضا تركيزهما في الوسط العضوي لكن الغلبة للأول الذي تفاعل بدرجة أكثر ، وتتوقف هذه النسبة على معامل فصل العنصرين (أ) و (ب) حسب المعادلات التالية :ـ

معامل الفصل يساوي معامل توزيع العنصر (أ) عند الإتزان مقسوماً على معامل توزيع العنصر (ب) عند نفس الإتزان .

ومعامل توزيع العنصر يساوي تركيزه في الوسط العضوي عند الإتزان مقسوماً على تركيزه في الوسط المائي عند نفس الإتزان .

وكلما كان معامل الفصل كبيرا كانت عملية التنقية أسهل وأقل تكلفة حيث يقل عدد مراحل الحصول على درجة النقاوة المطلوبة، وتتوقف قيمة معامل الفصل على طبيعة النظام كله سواء نوعية النظائر المشعة أم المذيب أم وسط الإستخلاص ودرجة حرارة النظام وغيرها من المؤثرات .

ويمثل الشكل (٣) خطوة الإستعادة ويتم الحصول على هذا الوضع بتجهيز محلول مائي ذي رقم هيدروجيني مناسب لتفكك المركب المعقد إلى مركباته الأساس (النظير المشع والمذيب). ويتم ذلك بفصل الوسط العضوي الموجود في شكل (٢) ووضعه في إناء مع محلول الإستعادة ورجهما جيدا ثم ترك الإناء ليستقر لتنفصل الطبقتين مرة ثانية تحت تأثير اختلاف قطبية الوسطين .

ويلاحظ في شكل (٣) خلو الوسط العضوي من المركبات المعقدة التي تحتوي على نظائر مشعة، وأن نسبة تركيز هذا المخلوط من النظائر المشعة في الوسط المائي هي نفس النسبة والتركيز في الوسط العضوي ، وفي شكل (٢) يختلفان عنه في المحلول الأصلي الذي يحتوي على نسبة متساوية من العنصرين كما في شكل (١) ، ويلاحظ أيضاً أن جميع العناصر المشعة ذابت في الوسط المائي حيث أنها أيونات تحمل شحنة موجبة ، كما أن المذيب استقر مختلطا مع المخفِّفْ طبقا لمبدأ القطبية كما كان في الخطوة الأولى ، شكل (١)، وتم استعادته بخصائصه الأولى بحيث يمكن استخدامه مرة ثانية مما يعطي له ميزة لاستخدامه في محطات التنقية الآلية ، حيث أنه بضبط درجة الحموضة في غرفة الإستخلاص وغرفة الإستعادة يمكن نقل نظير مشع أو أكثر من محلول أحدهما إلى محلول الآخر وبدرجة نقاوة يتم التحكم فيها بعدد المراحل مع الإحتفاظ بالوسط العضوي .

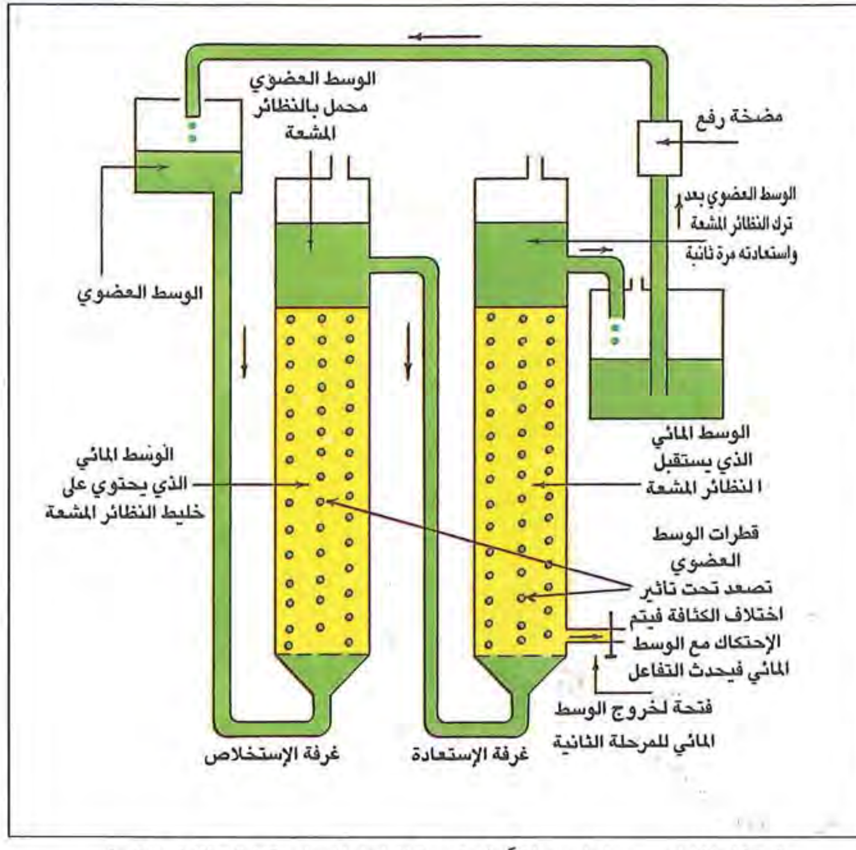
وتعد طريقة استخدام المذيبات العضوية في تنقية المواد المشعة أكثر ملاءمة عندما تحتوي المحاليل على مواد مشعة بتركيزات عالية مما يجعلها تصلح للتطبيق داخل المعامل الحارة لخدمة دورة الوقود أو إنتاج النظائر المشعة صناعيا .

ونسوق للقارىء باختصار شديد مثالا فعليا تمت دراسته وتنفيذه بوساطة الكاتب لاستخلاص عنصر البروتاكتنيوم المشع من الثوريوم المشع في مخلوط لهما مع اليورانيوم ، حيث أنه لإنتاج اليورانيوم ٢٣٣ الإنشطاري يتم تشعيع أكسيد

الثوريوم داخل المفاعل الذري بنيوترونات ذات طاقة معينة فنحصل على مخلوط من العناصر المشعة طبقا للمعادلة الآتية :ـ

$$^{232}Th + n \longrightarrow {}^{233}Th \xrightarrow{\beta^-} {}^{233}Pa \xrightarrow{\beta^-} {}^{233}U$$

عند ترك المخلوط الذي يحتوي على الثوريوم الذي لم يتفاعل والبروتاكتنيوم الوسيط واليورانيوم الناتج لمدة كافية حتى يتحول جميع البروتاكتنيوم ٢٣٣ إلى يورانيوم ٢٣٣ نتيجة التحلل التلقائي ، ويصبح المخلوط مكونا من عنصرين فقط هما الثوريوم واليورانيوم اللذين يمكن فصلهما بعضهما عن بعض للحصول على اليورانيوم ٢٣٣ نقيا . كذلك يمكن أخذ الخليط من المفاعل مباشرة بعد فترة التهدئة العادية وفصل البروتاكتنيوم ٢٣٣ من المخلوط بدرجة نقاوة عالية ثم تركه في مكان أمين حتى يتحول تلقائيا إلى يورانيوم ٢٣٣ بنفس درجة النقاوة . وقد استخدم الأسلوب الأخير بوساطة الكاتب حيث تم استخدام أحد مركبات الأمينات الثلاثية (ثلاثي كابرايل أمين - Tricaprylamine) كمذيب في كيروسين كمادة مخففة اقتصادية ، وبعد دراسة كل العوامل المؤثرة على النظام وجد أن أحسن استخلاص للبروتاكتنيوم دون الثوريوم من الوسط يمكن الحصول عليه باستخدام محلول مائي حمضي تركيزه ١٠,٥ عياري(10.5N) من حامض الكلور، ويمكن استعادة البروتاكتنيوم باستخدام محلول حامضي لنفس الحامض لكن بتركيز ٠,٢٥ عياري (0.25 N).



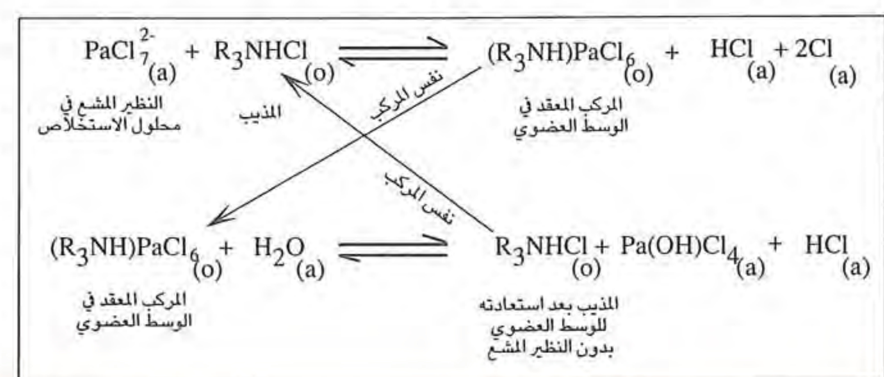
● شكل (٤) إحدى مراحل محطة آلية متعددة المراحل لفصل وتنقية النظائر المشعة .

ولتوضيح ما ذكر أعلاه يمكن متابعة المعادلتين المذكورتين أدناه :ـ

حيث أن (o) ، (a) تعني وجود المركب في الوسط العضوي أو المائي على الترتيب ، R هي سلسلة الهيدوكربون في المركب الأميني الثلاثي وهي تحتوي على ٧ ـــ ٩ ذرات كربون .

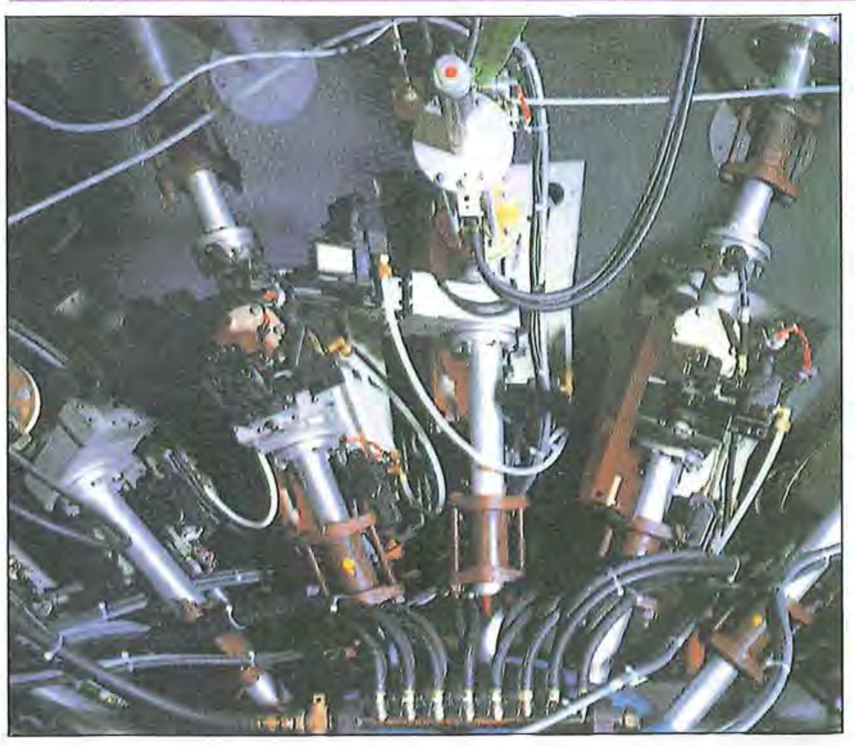
بما أن طريقة استخدام المذيبات العضوية في تنقية النظائر المشعة تتم عادة في أوساط سائلة فقد تمكن العلماء من وضع تصميمات لمحطات تنقية تعمل بطريقة آلية بحيث تكون المحطة مناسبة لإنتاج نظير معين بدرجة نقاوة معينة من مخلوط معين لمواد مشعة بمذيب معين وبكميات كبيرة وسرعة عالية .

ويوضح الشكل (٤) صورة مبسطة لمرحلة واحدة من محطة تنقية متعددة المراحل بحيث تصب المرحلة الأخيرة محتوياتها النقية في وحدة تبخير مأمونة للحصول على المادة المشعة النقية في صورة ملح صلب إذا كان ذلك مطلوبا. وعلى الرغم من أن هذه الطريقة يعاب عليها وجود مواد عضوية شديدة القابلية للإشتعال مما يزيد من مخاطر الحريق لاحتوائها على مواد مشعة تسبب تلوثا في البيئة عند وقوع حادث ، إلا أنها آمنة من مخاطر الإشعاعات المؤينة على العاملين أثناء التشغيل واقتصادية لإمكانية استخدام المذيبات العضوية أكثر من مرة ولعدم الحاجة لاستخدام الطاقة في معظم مراحل الإنتاج .



المعجلات النووية

د. إبراهيم عبد الرحمن العقيل
الأستاذ / حسن عثمان محمد



المعجلات النووية هي أجهزة علمية دقيقة تعمل على تعجيل وتسريع الجسيمات الأولية المشحونة السالبة (مثل الالكترونات) والموجبة (مثل البروتونات) واكسابها طاقة عالية جداً.

وترجع فكرة اختراع وتطوير هذه الأجهزة أساسا إلى علماء الفيزياء النووية الذين يعدون هذه المعجلات بالنسبة لهم كالتلسكوب بالنسبة لعالم الفلك والمجهر لعالم الأحياء ، حيث يستخدمون الجسيمات المعجلة كقذائف نووية للكشف عن مكونات النواة والتغلغل داخلها ومعرفة القوى التي تربط النويات بعضها ببعض ومتابعة العمليات المستمرة بين هذه الجسيمات .

ولقد تمكن بعض العلماء من تحقيق نتائج هامة في هذا المجال بتفتيت وتحطيم نوى ذرات بعض العناصر واكتشاف عدد من الجسيمات الجديدة مثل الميون (ميو ميزون) والبيون (باي ميزون) والهيبرون .

حقيقة إن اكتشاف المعجل النووي وتطويره لم يفد فقط علماء الفيزياء النووية كما هو واضح لأول وهلة ولكن المتطلبات الدقيقة والنادرة المطلوبة لتشغيل وتطوير هذه المعجلات ساعدت على تقدم كثير من العلوم والصناعات المصاحبة لها مثل أشباه الموصلات والإلكترونيات والمغنطيسيات والإتصالات وأجهزة الكمبيوتر السريعة وأنظمة معالجة المعلومات . كما ساعدت على إنتاج كثير من المواد والخامات النادرة والتي يصعب تحضيرها بالطرق التقليدية .هذا بالإضافة إلى استخدام بعض المعجلات في كثير من المجالات التطبيقية .

نظرية المعجلات النووية

تعتمد نظرية المعجلات النووية أساسا على تعجيل وتسريع الجسيمات المشحونة لإكسابها الطاقة اللازمة للغرض المخصصة له .

ومن أجل تحقيق هذه الفكرة بدأت الدراسات والبحوث خلال الفترة من ١٩٢٠ ـ ١٩٣٠م في عدد من المختبرات حيث ظهرت إلى حيز الوجود بعض المعجلات التي تعتمد على فرق الجهد المستمر لإجراء عملية التسريع وأطلق عليها اسم « المعجلات الالكتروستاتيكية Electrostatic generator . ومن هذه المعجلات معجل ككروفت ـ والتون Cokroft-Walton accelerator ومعجل فان دي جراف Van de graff accelerator والمعجل الترادفي Tandem accelerator. إلا أنه نظراً لصعوبة الحصول على جهد عال لهذه المعجلات أصبح من المستحيل الحصول على جسيمات ذات طاقة أعلى من الحدود التي تم التوصل إليها باستخدام المعجلات الإلكتروستاتيكية .

وللتغلب على هذه الصعوبة بدأت تظهر عدة أفكار ودراسات تهدف جميعها إلى إيجاد طرق جديدة لزيادة طاقة الجسيمات المعجلة . واقترح بعض العلماء تصميم أجهزة تستخدم فيها مسارات خطية ذات مراحل متعددة لتعجيل الجسيمات ، ورأى آخرون إمكان استخدام مسارات دائرية للتعجيل ، وفي كلتا الحالتين تم الاعتماد على فرق جهد عال متردد بالإضافة إلى استخدام المجالات المغنطيسية بالنسبة للمعجلات الدائرية لإجراء عملية تعجيل الجسيمات ، ولتنظيم وضبط تزامن تردد وإبدال اتجاه المجالات المؤثرة على الجسيمات تم الإستعانة بموجات لاسلكية (راديوية) ذات تردد مدروس، ومن المعجلات التي تم

إنشاؤها وتشغيلها تبعا لهذا النظام :ـ

● معجـــل الالكـــترونـــات الخطـــي Liner electron accelerator

● معجــل الـــبروتـــونـــات الخطـــي Liner proton accelerator

● معجل السيكلترون "Orbital cyclotron"

ومع زيادة تعجيل الجسيمات المشحونة ظهرت في الأفق مشكلة زيادة كتلة الجسيم (تبعا لمعادلة أينشتين الخاصة بالطاقة) التي أدت إلى تقليل سرعته وخروجه عن مجال التسريع . وللتغلب على ذلك فكـــر العلماء في استخدام المجالات الكهربائية والمغنطيسية في توجيه الجسيمات المعجلة وذلك بتثبيت هذه المجالات أو تغيير ترددها باستخدام موجات لاسلكية (راديوية) ذات تردد مدروس يحقق التوافق الزمني أثناء تحرك الجسيمات المشحـــونـــة في مجال التعجيل .

ولقد تم تطبيق هذه النظريات في عدد من المعجلات الدائرية، فمثلا نلاحظ في معجل السيكلترون ثبات المجـــال وثبات التردد ، بينما بالنسبة لمعجلات السينكروترون يتغير المجال مع ثبات التردد ، أما في معجل السنكروسيكلترون نلاحظ ثبات المجال وتغير التردد .

وبمراجعة نظريات وظروف تشغيل المعجلات النووية المدارية القائمة لاحظ بعض العلماء وجود بعض الأسباب الفنية المسؤولة عن تخفيض طاقة الجسيمات المشحونة المنبعثة من هذه المعجلات والتي تنحصر في صعوبة تحديد وتركيز الشعاع الخارج من هذه الأجهزة وتفرقه بين الإتجاه الرأسي والأفقي . وقـــد تمكن العلماء من التغلب على هذه الصعـــوبة وذلك بتنظيم توجيه المجال المحرك لحزمة الإشعاع باستخدام مرشد للمجال مكون من أجزاء عديدة تتحرك بميل مدروس يمكنها من زيادة وانقاص المجال تبادليا وفي الإتجاه المطلوب، ولقد تم تطبيق هذه النظرية بنجاح في أحد المعجلات في سيرن بفرنسا ، وسمي ذلك المعجل معجل سنكروترون التـــدرج المتردد Alternating gradiant Synchrotron.

نماذج المعجلات النووية

يمكـــن التعرض بنوع من التفصيل لبعض نماذج المعجلات واسعة الإنتشار والمستخدمة في النواحي البحثية والتطبيقية وهي :ـ

١ ـ معجل الفان دي جراف

في عام ١٩٣٠م حقق العالم الفيزيائي فان دي جراف ولأول مـــرة مبدأ المولد الإلكتروستاتيكي ذو السير المشحون وذلك بتصميمه للجهاز الذي عـــرف باسمه، شكل (١) .

ويتكون معجل الفان دي جراف العادي من الأجزاء الأساس التالية :ـ

● قطب نصف كروي يعمل كقطب موجب للجهد العالي .

● سير يحمل الشحنة يدور على بكرتين إحداهما عند قاعدة الجهاز متصلة بمحرك كهربائي والأخـــرى داخل القطب نصف الكروي .

● أنبوبة المعجل وتتكون من أقسام اسطوانية معزولة .

● مجموعة من إبـــر الشحن موصلة بمصدر للجهد العالي وذات أطراف تكاد تكون متلامسة بسطح السير .

● مجموعة من إبر التفريغ على الطرف الآخر من السير وتكاد تلامسه وتعمل على نقل الشحنة من السير إلى القطب الموجب نصف الكروي .

● مصدر ايونات .

● خزان يتحمل ضغطا عاليا يحتوي على جميع الأجزاء السابق ذكرها .

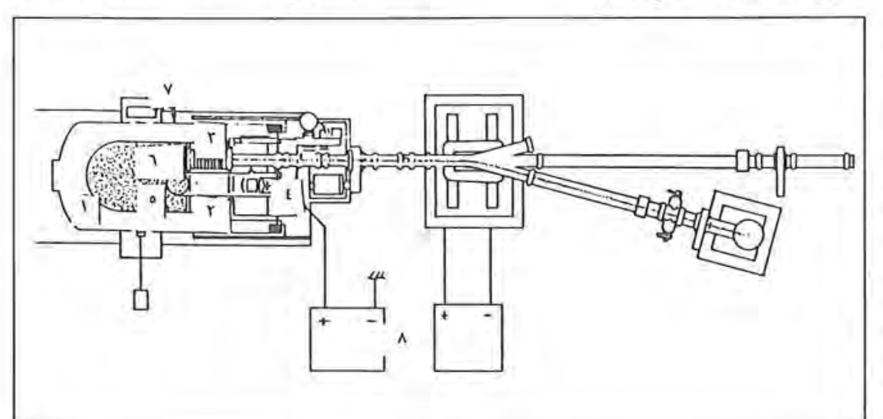
● مصـــدر جهد عال مستمر (صفر ـ ٣٠ كيلوفولت).

هذا بالإضافة إلى مغنطيس انحراف ومضخات تفريغ وغرفة الهدف .

ويلاحظ أن الطاقة القصوى التي يمكن الحصول عليها الآن من معجل الفاندي جراف تصل إلى ١٢ ميجا إلكترون فولت (م . إ.ف) بالنسبة للبروتونات .

٢ ـ معجل الفان دي جراف الترادفي

ظهر معجل الفان دي جراف الترادفي (Tandem accelerator) عام ١٩٥١م ، وهو يعد تطويرا لمعجل الفان دي جراف العادي والذي بني أساسا على نفس مبدأ سابقه مع تميُّزه بسهولة التشغيل وثبات طاقة حزمة الأشعة الصادرة منه . وقـــد أمكن بهذا التطوير الحصول على حزمة من الأشعة تبلغ طاقتها ضـــعف تلك الـــتي يمـــكن الحصول عليها من معجل الفان دي جراف العادي خلال مرحلة واحدة ، ويرجع ذلك إلى شحن الجسيمات المراد تعجيلها بشحنة سالبة (أي إضافة الكترون لذرتها



● شكل (١) رسم تخطيطي لمعجل الفان دى جراف .

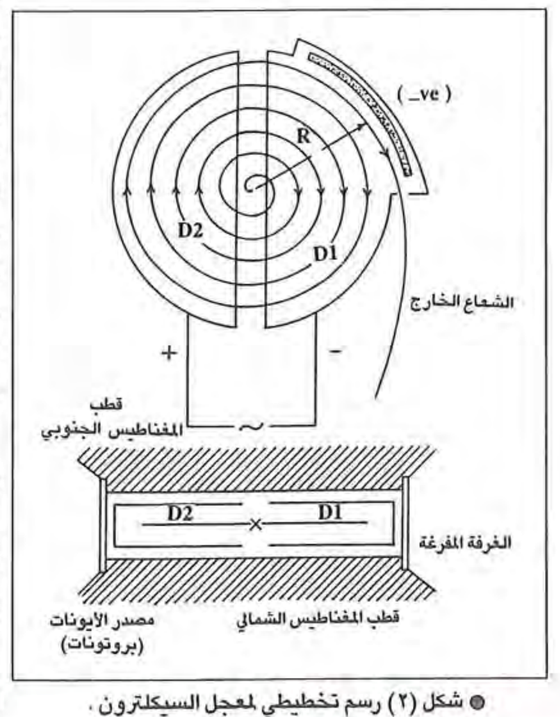
● شكل (٣) رسم تخطيطي لمعجل البروتونات الخطي .

المتعادلة) فتنجذب نحو قطب الجهد العالي ، الموجب الشحنة الموجود في نهاية المرحلة الأولى . وعند هذا القطب تكون الايونات السالبة المراد تعجيلها قد اكتسبت طاقة تعادل فرق الجهد المشحون به قطب الجهد العالي، وفي هذه المنطقة يتم نزع الكترونين من الايون السالب فيتحول إلى أيون موجب، فتبدأ مرحلة تعجيل أخرى بفعل التنافر بينه وبين قطب الجهد الموجب فتتضاعف طاقة الجسيم المراد تعجيله ويصل إلى نهاية أنبوبة التعجيل في صورة أيون موجب .

ويمكن أن تصل طاقة البروتونات المعجلة في المعجلات الترادفية إلى ما يزيد قليلا على ٢٠ ميجا الكترون فولت (٢٠ م.إ.ف) .

٣ ـ معجل السيكلترون

يتركب هذا المعجل من اسطوانة مستديرة مجوفة من المعدن ومقسمة إلى قسمين كل قسم منها على شكل حرف D هما D_2, D_1 ، ويتصل الجزءان بجهد عال متردد ، توضع الأسطوانة داخل غرفة مفرغة محكمة لمنع تسرب الهواء داخلها ، هذا بالإضافة إلى وجود الإسطوانة بأكملها بين قطبي مغنطيس كهربائي ضخم يتجه مجاله عموديا على قاعدة الاسطوانة ، شكل (٢) .



● شكل (٢) رسم تخطيطي لمعجل السيكلترون .

ويستخدم مصدر أيوني لإمداد الجهاز بالجسيمات المشحونة في مركز المعجل . وعند خروج أيون موجب من المصدر تكون D_1 موجبة وD_2 سالبة ، فيتسارع الأيون نحو D_2 بتأثير فرق الجهد بين D_2 و D_1 . وعند دخول الأيون الى القسم D_2 يتوقف تأثير المجال الكهربي ويبدأ تأثير المجال المغناطيسي العمودي الذي يحرف مسار الأيون على شكل نصف محيط دائرة ، وعند وصول الأيون إلى نهاية D_2 يتغير اتجاه فرق الجهد فتصبح D_2 هي الموجبة و D_1 سالبة فيتسارع الأيون تجاه D_1 . وعندما يصل D_1 تتوقف عملية التسريع ويبدأ المجال المغناطيسي في التأثير فيتحرك الايون المعجل في مسار دائري ولكن بنصف قطر اكبر نظرا لاكتسابه سرعة اكبر . وهكذا يحدث التعجيل دائما بين D2و D_1 بسبب تبادل القطبية بينهما ،وفي كل مرة يعبر فيها الايون الفاصل بينهما يكتسب طاقة إضافية أي زيادة في السرعة .

وتتوقف طاقة البروتونات المعجلة في السيكلترون عند حوالي ٣٠ ــ ٤٠ ميجا إلكترون فولت (م.إ.ف) .

٤ ـ المعجل الخطي

يتركب هذا المعجل من اسطوانة طويلة مفرغة يوجد بداخلها وعلى طول محورها الأفقي عدة اسطوانات معدنية متفاوتة الأطوال ومرتبة تصاعديا حسب طولها مع وجود فراغات بين هذه الاسطوانات ذات أبعاد محسوبة تبعا لظروف المعجل ، وبجوار طرف المعجل يوضع مصدر الأيونات المراد تعجيلها، وفي نهايته توجد فتحة لخروج الجسيمات المشحونة بعد إتمام تعجيلها ، شكل (٣) .

ويتم عادة توصيل الاسطوانات بالتبادل مع قطبي فرق جهد عال متردد (الاسطوانة رقم ١ ، ٣ ، ٥ متصلة بأحد الاقطاب والاسطوانة رقم ٢ ، ٤ ، ٦، .. متصلة بالقطب الآخر. وعندما يصل أيون موجب مثلا إلى نهاية الأنبوبة «١» يصبح جهد الأنبوبة «٢» سالبا فيتسارع الأيون الموجب في الفاصل بين الأنبوبتين . وعند وصوله إلى نهاية الأنبوبة الثانية ينقلب جهدها ليصبح موجبا في حين يكون جهد الثالثة هو السالب . وهكذا يتم تسريع الجسيمات في الفواصل بين الأنابيب . ومع تسارع الجسيمات تزداد سرعتها . ولكي يمكن استخدام تردد ثابت يتم اختيار اطوال الأنابيب والفواصل بينها بحيث تتناسب مع سرعات الجسيمات المعجلة .

استخدامات المعجلات النووية

تستخدم المعجلات النووية استخداما واسعا في مجال البحوث العلمية النووية الأساس وكذلك في النواحي التطبيقية المختلفة. ففي مجال البحوث الأساس تستخدم حزم الجسيمات النووية المعجلة

في إجراء البحوث النووية في مجال فيزياء الجسيمات الأولية والطاقة العالية وبحوث التفاعلات النووية المختلفة بهدف التعرف على الخصائص الفيزيائية للقوى النووية والكشف عن الأسرار العديدة المجهولة للنوى وخصائصها النووية . كذلك تستخدم المعجلات في بحوث فيزياء الجوامد بهدف استنباط أنواع متطورة منها ذات خصائص معينة .

أما في النواحي التطبيقية فلم يعد هناك مجال من المجالات إلا وأسهمت فيه المعجلات بدور أساس وملحوظ . ففي المجالات الطبية والأحيائية تستخدم المعجلات بشكل واسع في إنتاج العديد من النظائر المشعة خاصة النظائر قصيرة العمر والتي لا يمكن إنتاجها باستخدام المفاعلات، والتي اتسع استعمالها في كل من عمليات التشخيص والعلاج الطبي . كذلك تستخدم المعجلات النووية في عمليات التصوير الإشعاعي للجسم البشري وأنسجته المختلفة وفي عمليات تشعيع الأورام السرطانية وذلك باستخدام حزم من الإشعاعات المعينة وبطاقات معينة ومتغيرة حسب الحاجة . كما انتشر استخدام المعجلات النووية بدلا من المصادر المشعة محدودة الكفاءة في عمليات تعقيم الأدوات الطبية والعقاقير والصيدلانيات المختلفة، وفي دراسة وظائف الأعضاء البشرية واكتشاف القصور في أداء هذه الأعضاء ، وفي التحكم في إفرازات بعض الأنزيمات وفي إفراز بعض الغدد البشرية .

من جانب آخر دخلت المعجلات من أوسع الأبواب في شتى فروع الصناعة والزراعة . فقد اتسع استخدام المعجلات النووية بشكل مباشر لإنتاج حزم من الجسيمات المعجلة بقدرات وطاقات متنوعة، وكذلك لإنتاج حزم من الإشعاعات الكهرومغناطيسية بطاقات تغطي شريحة واسعة من الإشعاعات الكهرومغناطيسية الكثيفة في عمليات متعددة منها على سبيل المثال لا الحصر معالجة المواد بالطرق الإشعاعية بهدف الحصول على مواد ذات مواصفات محسنة مثل معالجة الأنواع المختلفة من البلاستيك والمطاط والكابلات بالحزم الإشعاعية للحصول على أنواع ممتازة وذات صفات مفضلة يستحيل الحصول عليها بالطرق التقليدية الأخرى . كذلك تستخدم المعجلات في تحسين خصائص الطلاءات وتقسيتها وجعلها غير قابلة للخدش، كما تستخدم للكشف عن تآكل المعادن وفي عمليات الكشف غير الإتلافي عن العيوب الصناعية في المعادن، وفي عمليات قياسات اختبارات الجودة للمنتجات الصناعية ، وفي عمليات التحليل الكمي والكيفي للمواد المصنعة لتحديد الشوائب المختلفة في هذه المنتجات مهما قلت نسبتها ، كما انتشر استخدام المعجلات النووية في العقود الأخيرة في عمليات قطع المعادن السميكة، وفي عمليات لحامها بأسلوب متجانس من الداخل والخارج الأمر الذي يستحيل باستخدام طرق اللحام الأخرى .

كذلك اتسع استخدام المعجلات في عمليات حفظ وتعقيم المواد الغذائية وفي إطالة المدة التخزينية للعديد من المنتجات الزراعية والغذائية ، وفي تحسين الإنتاج الزراعي واستنباط أنواع من الأغذية ذات خصائص غذائية أفضل مثل زيادة نسبة البروتين في الأرز وإنتاج أنواع جديدة منه غنية بالبروتين .

وهكذا لم تعد المجالات الصناعية أو الزراعية تخلو من وجود معجل من نوع معين يستخدم لغرض تطبيقي معين .

مستقبل المعجلات النووية

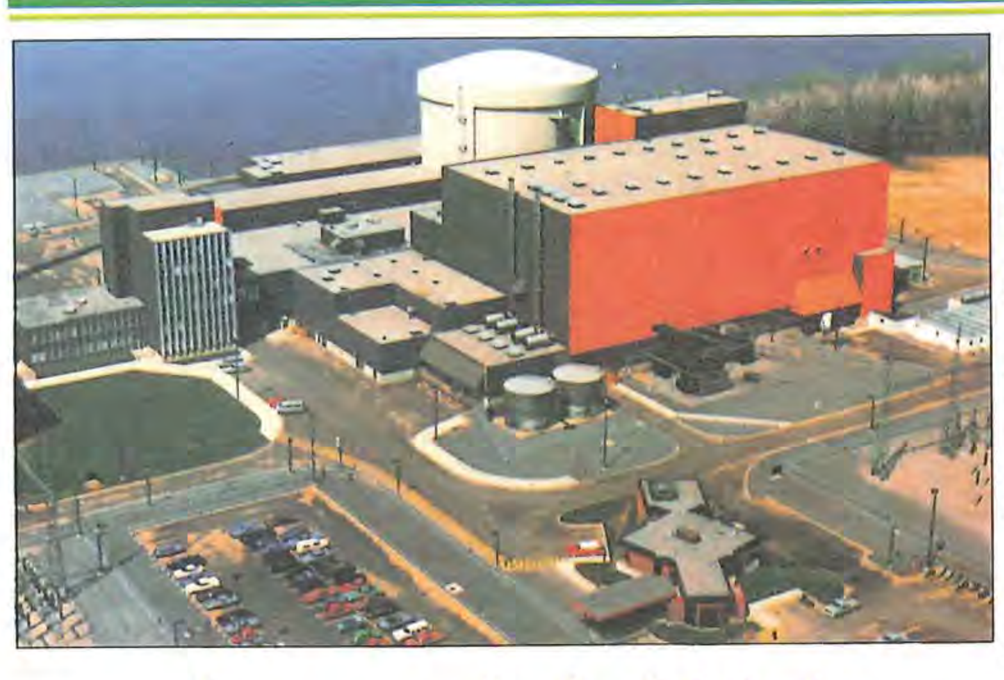
يعمل العالم الآن من أجل إنتاج الجيل الرابع من المعجلات النووية بمفاهيم جديدة وتقنية حديثة للإقلال من تكاليف إنشاء هذه المعجلات ، ومن أجل ذلك ظهرت اتجاهات وأفكار جديدة لزيادة تعجيل الجسيمات كالإستعانة بأشعة الليزر والبلازما في التصميمات القادمة لمعجلات المستقبل ، هذا بالإضافة إلى استخدام تقنية التصنيع الدقيقة "Micro fabrication technology" ومن أجل ذلك تقوم اللجنة الإستشارية الأمريكية الخاصة بفيزياء الطاقة العالية الآن بدعم الدراسات التي قدمها العلماء لإنشاء بعض المعجلات العملاقة التي تعتمد أساسا على نظرية التصادم المضاد للجسيمات المعجلة وحلقات التخزين المتقاطعة "Intersecting Storage Ring" . حقيقة لقد أصبح أمل العلماء كبير في أن يعطي الجيل الرابع من المعجلات أجهزة طاقتها مليون جيجا إلكترون فولت (ق. إ. ف) .

المعجلات النووية في المملكة

خطت المملكة العربية السعودية خطوات واسعة في مجال استخدامات المعجلات النووية ، حيث بدأ عام ١٩٧٧م إنشاء معمل السيكلترون في مستشفى الملك فيصل التخصصي ومركز البحوث بالرياض بطاقة ٢٤ م. إ. ف . للبروتونات ولم تنحصر استخدامات هذا المعجل في إنتاج النظائر المشعة ذات عمر النصف القصير فقط مثل الأكسجين ١٥ ، والكربون ١١ ، واليود ١٢٣ بل استخدم أيضا في المجالات الطبية بالإضافة إلى كثير من البحوث التطبيقية .

وفي عام ١٩٨٢م بدأ تشغيل معجل إلفان دي جراف بجامعة الملك سعود لإنتاج البروتونات بطاقة قصوى قدرها ٢,٥ م.إ.ف . ، وقد استخدم هذا المعجل منذ إنشائه في أبحاث طلبة الدراسات العليا بقسم الفيزياء بكلية العلوم حيث تمكن عشرة طلاب من إتمام دراساتهم البحثية الخاصة بدرجة الماجستير وذلك في عدد من المجالات التطبيقية والأكاديمية .

وفي مستشفى القوات المسلحة بالرياض يوجد معجل الكترونات خطي بطاقة قدرها ١٥ ميجا إلكترون فولت (م . إ.ف) يستخدم أساسا في المجالات الطبية بالإضافة إلى بعض الأبحاث التطبيقية ، كما تقوم مدينة الملك فهد الطبية بالرياض بإجراء الدراسات الخاصة لاختيار معجل خطي يتناسب مع طبيعة العمل في مثل هذا المشروع الطبي العملاق .



يتـزايـد الطلب على الكهربـاء في كل أنحـاء العـالم بشكل مستمـر، ومنـذ انتهـاء الحرب العـالمية الثـانيـة شهـد الطلـب على الكهربـاء نمـواً سريعـاً ، ففـي عـام ١٩٥٠م كانـت الطـاقـة الكهربـائيـة المتولـدة فـي العالـم حـوالي واحـد تريليـون كيلو واط . سـاعة ، وقـد شكـل الوقـود الأحفـوري (نفط وفحم حجري وغاز طبيعي) مصـدرا لنصف الطـاقـة الكهربـائيـة المتـولـدة آنـذاك بينما شكلت الكهربـاء المتولدة من المسـاقط المائيـة النصف الآخر .

الطـاقـة الـنوويـة

د. خالد بن محمد السليمان

أمـا اليـوم وبعد أربعين عـامـاً فإن إجمالي الطاقـة المتولـدة في العالـم يقرب من ١٢ تـريليـون كيلـو واط . سـاعـة يشكل الـوقـود الأحفـوري المصـدر الأسـاس (حوالي ٦٦٪ منهـا) . ويتوقع أن يصل إجمالي الطـاقـة الكهـربـائيـة المتولدة في العالم في عام ٢٠١٠م إلى ١٤ تريليـون كيلو واط . سـاعة ٧٠٪ منهـا بوساطة الـوقود الأحفوري ، وسيشكل الفحم الحجـري نصف الـوقـود الأحفوري المستخدم لتوليد تلك الطاقة. أما بالنسبة للمساقط المائية فإن الزيادة المتوقعـة لمساهمتها في الطـاقة المتـولدة حتى عام ٢٠١٠م تعد ضئيلة للغاية .

إن التصـاعد المستمـر في الطلب على الطاقـة الكهربائيـة وتـزايـد نسبـة مساهمـة الوقـود الأحفـوري غيـر المتجـدد في توليـد هـذه الطاقـة ، بالإضـافة إلى الآثار السلبيـة لهذا النوع من الـوقـود على صحـة الإنسـان وعلى البيئة فضـلا عن عوامل أخرى عـديدة ، أدت جميعها إلى مضاعفة الجهود العالمية في تنـويع وتطـوير استخـدام مصـادر أخرى .

وقد حظيت الطاقة النووية بجزء كبير من هـذا الإهتمام لانخفـاض تأثيراتها السلبيـة على البيئـة وإمكانيـة تأمينهـا لاحتيـاجـات العـديـد مـن الـدول من الكهـربـاء لا سيما تلـك التي تفتقـر إلى مصادر الطاقة الأخـرى . وقد شهد نمو توليـد الطاقة الكهربـائية نوويـا تطورا متصاعدا منذ بداية الخمسينيات من هذا القرن . إلا أن هـذا التطور شـابه بعض التراجع والبطء في النمـو في السنـوات العشر الأخيرة ، ويعـود ذلك في أغلبـه إلى مخاوف الرأي العام من بعـض المخاطر التي قد تصاحب نمو هذا القطاع .

وضع الطاقة النووية اليوم

ارتفعت مساهمة الطـاقة النـووية في إجمالي الطاقـة المتولـدة في العالـم من نسبة ٢,٧٪ في عام ١٩٧٢م إلى ما يقرب من ١٧٪ في عـام ١٩٩١م ، ويـوضح الجدول (١) نسبة مساهمة مصادر

المصـدر	النسبة المئوية
الوقود الأحفوري	٦٤,٥
المساقط المائية	١٨,٦
الطاقة النووية	١٦,٦
الطاقة الحرارية لجوف الأرض	٠,٣

● جدول (١) المصادر الرئيسة للطاقة .

الطاقة الرئيسة في إجمالي الطاقة المتولدة في العالم في عام ١٩٩١م .

وقد تركزت الزيادة في استخدام الطاقة النووية في الدول الصناعية ، ففي دول منظمة التعاون الإقتصادي والتنمية وصلت نسبة مساهمة الطاقة النووية في عام ١٩٩٠م إلى ٢٣٪ من إجمالي الطاقة الكهربائية المتولدة ، وترتفع هذه النسبة بصورة جذرية في دول مثل فرنسا وبلجيكا حيث تصل في فرنسا إلى ما يزيد عن ٧٠٪ من إجمالي الطاقة الكهربائية، أما في الولايات المتحدة الأمريكية فإن هذه النسبة تقرب من ٢٠٪ .

ويتوقع أن تستمر نسبة مساهمة الطاقة النووية في إجمالي الطاقة الكهربائية المتولدة في العالم في الزيادة ، ويوضح الجدول (٢) التوقعات المستقبلية لإجمالي الطاقة الكهربائية المتولدة نوويا حتى عام ٢٠١٠م .

ويبلغ إجمالي المفاعلات النووية العاملة في العالم اليوم ٤٢٣ مفاعلا موزعة على ٢٤ دولة ، ويوضح الجدول (٣) توزيع هذه المفاعلات ونسبة مساهمة الطاقة النووية في إجمالي الطاقة الكهربائية المتولدة في كل دولة .

مستقبل الطاقة النووية

إن مستقبل الطاقة النووية وقدرتها على توفير احتياجات عالم المستقبل من الطاقة الكهربائية سوف يعتمد إلى حد بعيد على العوامل الرئيسة التالية :ـ

١ ـ الطاقات الجديدة والمتجددة

يشكل الإعتماد الكبير للعالم اليوم على مصادر طاقة غير متجددة حافزا قويا لتطوير استخدام مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الهيدروجين وطاقة الرياح وغيرها ، وحتى يومنا هذا يعد إسهام هذه المصادر في إجمالي الطاقة الكهربائية المتولدة في العالم منعدما ، ويعود ذلك لاعتبارات اقتصادية ولصعوبات تقنية تتطلب مزيدا من الجهد والدراسة، ولا تبدو في الأفق دلائل آمال واعدة لإحداث تغير جذري في إسهام هذه المصادر المتجددة .

٢ ـ الآثار البيئية والصحية

أدى نمو الوعي البيئي والإهتمام العالمي بالبيئة على كوكبنا إلى توجيه أصابع الإتهام إلى تلك الأنظمة والمصادر التي تؤثر سلبيا على بيئة الإنسان ، ويعد الوقود الأحفوري من بين تلك المصادر التي تسهم في تلوث البيئة ، حيث يقدر أن ٢٥٪ من ثاني أكسيد الكربون المتصاعد إلى الغلاف الجوي ينتج من محطات القوى الكهربائية المستخدمة للوقود الأحفوري .

وقد بينت الدراسات ان محطة قدرتها (١٠٠٠) ميجاواط من الكهرباء تستخدم الفحم الحجري تنتج سنويا ٦,٥ مليون طن من ثاني أكسيد الكربون و ٤٤٠٠٠ طن من ثاني أكسيد الكبريت و ٢٢٠٠٠ طن من أكاسيد النيتروجين ، فضلا على ٤٠٠ طن من المعادن السامة كالرصاص والزرنيخ والزئبق ، بالإضافة إلى مئات الملايين من الأطنان من المخلفات والنفايات الصلبة . ومن المعلوم أن جميع هذه المخلفات من الغازات والأكاسيد والمعادن والمواد الصلبة تساهم بقدر كبير في تلوث البيئة وفي زيادة سخونة الأرض .

وفي مقابل ذلك فإن توليد نفس كمية الطاقة الكهربائية من محطة قوى نووية لا ينتج عنه أي من هذه الغازات وإنما ينتج عنه كمية محدودة من المخلفات

المنطقة	١٩٩٠	١٩٩٥	٢٠٠٠	٢٠٠٥	٢٠١٠
أمريكا الشمالية	١١٣٧٠٠	١١٦٣٠٠	١٢١٧٠٠	١٢٥٥٠٠	١٣٣٢٠٠
أوربا الغربية	١١٧٧٠٠	١٢٤٣٠٠	١٢٧٣٠٠	١٣٧١٠٠	١٥٩٢٠٠
المحيط الهادي	٣٠٤٠٠	٣٩١٠٠	٥٢٠٠٠	٦٠٠٠٠	٧٠٠٠٠
أمريكا اللاتينية	٢٢٠٠	٥٦٠٠	٦٤٠٠	٨٣٥٠	٨٣٠٠
أوربا الشرقية	٤٢٨٠٠	٥٢٢٠٠	٧٠٠٠٠	٩٣١٥٠	١٤٠٩٠٠
أفريقيا	١٨٥٠	١٨٠٠	١٨٠٠	٣٣٠٠	٤٨٠٠
الشرق الأوسط وجنوب آسيا	١٥٠٠	٢٦٠٠	٥٩٠٠	١٠٥٠٠	١٩٧٠٠
جنوب شرق آسيا	–	–	–	٩٠٠	٥٦٠٠

● جدول (٢) توقعات إجمالي الطاقة النووية المتولدة في العالم حتى عام ٢٠١٠ م (ميجا واط) .

م	الدولــة	عدد المفاعلات	الكهربـاء المتولدة نووياً	النسبة المتوقعة من إجمالي الطاقـة
١	أمريكـــا	١١٢	١٠٠٦٣٠	٢٠,٦
٢	فرنســا	٥٦	٥٥٧٧٨	٧٤,٥
٣	الاتحاد السوفيتي (سابقاً)	٤٥	٣٤٦٧٣	١٢,٢
٤	اليابـــان	٤١	٣٠٩١٧	٢٧,١
٥	المملكة المتحدة	٣٧	١١٥٠٦	١٩,٧
٦	المانيـــا	٢٦	٢٤٤٣٠	٣٣,١
٧	كنـــدا	٢٠	١٣٩٩٣	١٤,٨
٨	السويـــد	١٢	٩٨١٧	٤٥,٩
٩	كوريـــا	٩	٧٢٢٠	٤٩,١
١٠	أسبانيـــا	٩	٧٠٦٧	٣٥,٩
١١	تشكوسلوفاكيا	٨	٣٢٦٤	٢٨,٤
١٢	بلجيكـــا	٧	٥٥٠٠	٦٠,١
١٣	الهنـــد	٧	١٣٧٤	٢,٢
١٤	سويـــسرا	٥	٢٩٥٢	٤٢,٦
١٥	بلغاريـــا	٥	٢٥٨٥	٣٥,٧
١٦	هنغاريـــا	٤	١٦٤٥	٥١,٤
١٧	فنلنـــدا	٤	٢٣١٠	٣٥,٠
١٨	الأرجنتـــين	٢	٩٣٥	١٩,٨
١٩	جنوب أفريقيا	٢	١٨٤٢	٥,٦
٢٠	هولنـــدا	٢	٥٠٨	٤,٩
٢١	المكسيـــك	١	٦٥٤	٢,٦
٢٢	يوغسلافيـا	١	٦٣٢	٥,٣
٢٣	الباكستـــان	١	١٢٥	١,١
٢٤	البرازيـــل	١	٦٢٦	١,٠

● جدول (٣) مفاعلات القوى النووية في العالم
ونسبة مساهمتها في إجمالي الطاقة الكهربائية المتولدة في عام ١٩٩١م .

والنفايات الصلبة .

إن محاولة خفض الإستهلاك العالمي للفحم الحجري لابد وأن يقابله زيادة في الإستهلاك لمصدر آخر للطاقة . غير أن قائمة الإختيار محدودة ، فالمصدر الآخر القادر على سد النقص في أيامنا هذه سيكون حتما إما النفط وإما الغاز الطبيعي وإما الطاقة النووية .

٣ ـ المخلفات والنفايات الصلبة

ينتج عن توليد الكهرباء باستخدام النفط أو الغاز الطبيعي مخلفات صلبة قليلة جدا مقارنة بالمصادر الأخرى ، إلا أنه ينتج عنهما انطلاق كميات كبيرة من المخلفات الغازية الضارة ، وفي المقابل ينتج عن استخدام الطاقة النووية أو الفحم الحجري مخلفات صلبة يمكنها أن تشكل خطراً مستمراً على الإنسان والبيئة ، فعلى سبيل المثال فإن تشغيل محطة نووية بطاقة توليد (١٠٠٠) ميجا واط كهربائي يؤدي إلى إنتاج سنوي يقدر بحوالي ٢٧ طن من المخلفات المشعة عالية المستوى ، و٢١٠ طن من المخلفات المشعة متوسطة المستوى و ٤٦٠ طن من المخلفات المشعة منخفضة المستوى بالإضافة إلى بعض الغازات المشعة منخفضة المستوى التي لا تشكل خطورة على الإنسان أو البيئة.

إن نجاح الإنسان في التعامل مع المخلفات النووية وتحييد خطورتها والقدرة على إقناع الرأي العام بهذا النجاح وبقبول الطاقة النووية كواحدة من أنسب الخيارات المطروحة سوف يحدد إلى مدى بعيد مستقبل نمو وتطور الطاقة النووية .

٤ ـ احتمالات الخطورة

إن الإرتباط الوثيق لدى الرأي العام بين الإشعاع والأسلحة النووية من جانب وبين الطاقة النووية من جانب آخر كان ولا يزال العائق الأساس الذي يحول دون التوسع المتوقع للطاقة النووية في ظل مستوى تقنية توليدها ، وفي ظل انحسار احتياطي العالم من مصادر الطاقة الأخرى الرئيسة المتجددة ، ففي حين أن العالم لا يزال يذكر حالة الهلع التي صاحبت حادثة المفاعل النووي في تشرنوبل وحادثة محطة جزيرة الثلاثة أميال في الولايات المتحدة الأمريكية ، فإن مؤيدي التوسع في استخدام الطاقة النووية يبادرون بالإشارة إلى أنه حتى مع الأخذ في الحسبان هاتين الحالتين فإن سجل الأمان والسلامة للطاقة النووية يظل ناصعا مقارنة بسجلات غيرها من مصادر الطاقة الأخرى ، إذا ما تمت المقارنة اعتمادا على أرقام الخسائر البشرية الفعلية .

إن قدرة قطاع الصناعة النووية على إقناع الرأي العام بقدرة الإنسان في التحكم في التفاعل النووي سيكون العامل الأساس في تحديد مدى نمو ذلك المصدر الكبير للطاقة .

الرصد الإشعاعي وشبكات الإنذار

م . خالد عبدالعزيز العيسى الحصان

تكتنف حياتنا اليومية العديد من الأخطار ، وتتباين هذه الأخطار في احتمالات وقوعها كالأخطار الناجمة عن قيادة السيارات أو ركوب الطائرات ، أو استعمال الكهرباء وغيرها كثير . ويعد استغلال الطاقة النووية في شتى مجالات الحياة أحد مصادر هذه الأخطار . إلا أن احتمالات وقوع الحوادث النووية وأخطارها الإشعاعية تعد من أقل الإحتمالات مقارنة بغيرها من الأخطار . ويعزى ذلك إلى حداثة عهد الناس بالهلع النووي مما أدى إلى بذل العناية الفائقة والدقة العالية في تصميم التجهيزات النووية وتشغيلها ومراقبة الأمان وقواعد السلامة فيها . ورغم ذلك تتميز الأخطار الناجمة عن استغلال الطاقة النووية عن مثيلاتها من الأخطار الأخرى بأنها غير مقيدة ولا تعترف بالحدود الجغرافية بل قد تتعداها وتعم العالم بأسره أو أجزاء كبيرة منه تبعا لنوع الحادث وللظروف الجغرافية والمناخية المحيطة به. ويشكل الحادث المأساوي الذي وقع في أحد مفاعلات محطة تشرنوبل للقوى النووية عام ١٩٨٦م والذي انتشرت آثاره في النصف الشمالي من الكرة الأرضية مثالا جليا على ذلك .

من هذا المنطلق برزت الحاجة إلى الرصد الإشعاعي للبيئة لاستشعار الأخطار التي قد تنجم عن الإستخدامات المختلفة للطاقة النووية تحقيقا للإنذار المبكر الذي يوفر إمكان التصرف وتنفيذ الإجراءات اللازمة لمواجهة الموقف وحماية الناس من الأخطار الإشعاعية . وقد بلغ الإهتمام بالرصد الإشعاعي والإنذار المبكر درجة عالية على المستوى الوطني والدولي ، وأصبحت عمليات الرصد الإشعاعي للبيئة بهدف الإنذار المبكر عند حدوث أخطار نووية هدفا وطنيا ودوليا لامناص منه .

مصادر الإشعاعات

توجد في البيئة مصادر طبعية تتكون أساسا من نظائر تفكك سلسلتي اليورانيوم والثوريوم ونظير البوتاسيوم ٤٠ فضلا عن بعض النظائر القليلة الأخرى كالكربون ١٤ وغيره . ويختلف تركيز هذه النظائر الطبعية باختلاف التربة والظروف المناخية . وفي البيئة المعنية تصدر النظائر الطبعية نسبا ثابتة من كل من جسيمات ألفا وبيتا ومن إشعاعات جاما ، وتبقى كميات هذه الجسيمات والإشعاعات ضمن حدود معينة تبعا للزمن وللظروف المناخية في المكان المعين .

وفضلا عن المصادر المشعة الموجودة طبعيا يمكن أن تتلوث البيئة بعدة مئات من المصادر المشعة الصنعية التي يستخدمها الإنسان في شتى الأغراض ، أو التي قد تنطلق إلى البيئة من المفاعلات النووية ، أو من خلال عمليات إعادة معالجة الوقود النووي المستنفذ . وتصدر الغالبية العظمى من النظائر الصنعية جسيمات بيتا مصحوبة بإشعاعات جاما في بعض الأحيان، إلا أن قليلاً من النظائر الصنعية (وهي النظائر الصنعية الثقيلة كالبلوتونيوم وغيره) تصدر جسيمات ألفا وقد يرافقها انطلاق إشعاعات جاما .

وهكذا فإنه يلاحظ أن مصادر التلوث الصنعي تؤدي أساسا إلى زيادة مستوى كل من جسيمات بيتا وإشعاعات جاما فوق مستوى الخلفية الإشعاعية الطبعية ، في حين يبقى مستوى جسيمات ألفا عند قيم الخلفية الإشعاعية الطبعية تقريبا . وعليه تصبح الزيادة في مستويات إشعاعات جاما أو جسيمات بيتا في الغبار العالق بالهواء

فوق المستوى الذي تبقى فيه الخلفية الطبعية لهما بمثابة دليل على حدوث تلوث المواد المشعة الصنعية ، وكلما زاد مستوى هذه الإشعاعات في البيئة كان ذلك مؤشرا على زيادة مستوى التلوث ، ويقوم الرصد الإشعاعي للبيئة على هذه الحقائق العلمية الثابتة إلا أنه بالنسبة لتحديد مكونات التلوث يستلزم الأمر استخدام طرق أخرى للرصد والقياس الإشعاعي .

الرصد الإشعاعي للمنشآت والبيئة

يهدف الرصد الإشعاعي للمنشآت والبيئة إلى معرفة المستويات الإشعاعية الناجمة عن المصادر الطبعية الموجودة في البيئة وعن المصادر الأخرى التي صنعها الإنسان ، كما يهدف إلى اكتشاف وتقويم التلوث الإشعاعي الذي ينجم عن التطبيقات المختلفة للطاقة النووية ، وإلى تعيين خصائصه ومدى خطورته ، حماية للعاملين في المنشآت المعنية بصفة خاصة وللبشر جميعا بصفة عامة .

تتم عمليات الرصد عند مستويات مختلفة ، فالمنشآت النووية التي تمارس نشاطاً قد يؤدي إلى تعرض العاملين أو الجمهور للإشعاع أو إلى تلوث البيئة عموما، مطالبة بتنفيذ برامج محددة للرصد الإشعاعي يتناسب حجمها وإمكاناتها مع حجم الأخطار التي قد تنجم عنها . وتكون المنشأة ممثلة في إدارتها هي المسؤولة عن إعداد الخبرات البشرية والتجهيزات الفنية الكافية والملائمة لعمليات الرصد داخل المنشأة أو خارجها بهدف حماية العاملين فيها خاصة والجمهور عامة من أخطار التعرض الإشعاعي ومراقبة تسرب أو انطلاق الإشعاعات أو المواد المشعة إلى البيئة سواء أثناء التشغيل العادي للمنشأة أو عند وقوع حوادث ترتبط بمصادر أو ممارسات إشعاعية خاصة بها .

وفضلا عن الرصد الذي تنفذه المنشآت تتولى الدولة تنفيذ برنامج آخر للرصد الإشعاعي يهدف إلى مراقبة الموقف الإشعاعي والتلوث البيئي داخل حدودها ومراقبة مدى التزام المنشآت المحلية بقواعد الأمان والحماية ، وينفذ البرنامج الوطني للرصد الإشعاعي بوساطة الجهاز الرقابي المختص بنواحي الأمان النووي والإشعاعي أو بوساطة مؤسسات متخصصة أخرى يكلفها الجهاز الرقابي بتنفيذ عمليات الرصد الإشعاعي على المستوى الوطني ، ويتم الرصد في عدد من المناطق ذات الأهمية الكبرى توضع فيها المراصد الإشعاعية ، وتتوقف أعداد المناطق المختارة وكثافتها وتجهيزاتها على عوامل كثيرة مثل كثافة السكان ونوعية المكان والعوامل الجوية والمناخية ومدى توفر المنشآت النووية والإتجاهات الأكثر تهديدا بالتلوث وغيرها كثير .

طرق الرصد الإشعاعي

تختلف طرق وأساليب رصد المستويات وقياس النظائر المكونة للتلوث الإشعاعي في البيئة باختلاف الهدف ، وتتفاوت الطرق والأساليب من حيث التجهيزات الفنية اللازمة وتكاليفها والتشغيل تفاوتا واسعا . فبينما تكتفي بعض الأساليب برصد مستوى إشعاعات جاما في الموقع وتحديد كيفية تغيره مع الزمن ، تهتم أساليب أخرى بقياس الملوثات المشعة العالقة في الغبار الموجود في الهواء وذلك بترشيح العوالق وقياس نشاطها الإشعاعي باستخدام التقنيات المختلفة فضلا عن طرق الفصل الكيميائي .

وتعتمد بعض أساليب الرصد على طريقة واحدة في حين تقوم أساليب أخرى على استخدام أكثر من طريقة بل قد تتعدى مجرد الرصد الإشعاعي وتعضده بالرصد الجوي والمناخي وذلك لإمكان التنبؤ بكيفية سريان الملوثات المشعة إلى المناطق المختلفة . وسوف نحاول إلقاء الضوء على بعض الطرق المستخدمة في عمليات الرصد الإشعاعي دون الدخول في تفاصيل علمية قد يملها القاريء وذلك على النحو التالي : ـ

١ ـ اشعاعات جاما

تقوم هذه الطريقة على استخدام أحد كواشف إشعاعات جاما مثل غرفة التأين أو العداد التناسبي أو عداد جايجر ميولر أو كاشف وميضي مخصص للكشف عن إشعاعات جاما ووضعه في الموقع المخصص للرصد دون حجب الكاشف عن البيئة المحيطة به ، ويسجل الكاشف الذي يطلق عليه المجس نسبة من إشعاعات جاما التي تسقط عليه ويحولها إلى نبضات كهربية يتم تكبيرها وعدها بوساطة أجهزة إلكترونية خاصة ، ويتناسب مستوى إشعاعات جاما والجرعة الإشعاعية الناتجة عنها تناسبا طرديا مع عدد الإشعاعات المسجلة في الكاشف ، ويعتمد نوع الكاشف المستخدم كمجس على الحساسية المطلوبة وعلى كثافة الإشعاعات وعلى بعض العوامل الأخرى . ويمكن معرفة نتيجة الرصد في الموقع مباشرة، كما يمكن نقل نتائج الرصد إلى غرفة تحكم مركزية عبر قنوات اتصال سلكية أو لا سلكية تبعد آلاف الكيلومترات عن موقع المجس . ويوجد حاليا أنواع عديدة من مراصد جاما تتفاوت حساسيتها بين ٠,٠١ ميكروسيفرت/ساعة (أي أقل من معدل الخلفية الإشعاعية الطبيعية) وبين مئات الآلاف من الميكروسيفرت / ساعة .

٢ ـ جسيمات بيتا في الهواء

تقوم هذه الطريقة على سحب الهواء من البيئة المعنية بوساطة مضخة ماصة وترشيحه عبر مرشحات مختلفة . ويتم بعد ذلك قياس النشاط الإشعاعي في الغبار المحتجز باستخدام أحد الكواشف المخصصة للكشف عن جسيمات بيتا وتسجيلها . ويختلف مرصد جسيمات بيتا باختلاف الأسلوب المتبع في تحديد التلوث الإشعاعي، فبينما تعتمد بعض المراصد على قياس القيمة المطلقة من جسيمات بيتا بعد عملية السحب بالمضخة لمدة معلومة ومقارنة النتيجة مع نتائج مصادر معيارية، تقوم مراصد أخرى بقياس النشاط الإشعاعي بجسيمات بيتا خلال فترات زمنية تتراوح بين عدة دقائق إلى عدة ساعات . وتستخدم هذه البيانات لتعيين ما إذا كانت هذه الجسيمات صادرة عن مصادر طبعية أو صنعية وذلك عن طريق معرفة أنصاف الأعمار للنويدات المشعة الطبيعية، وفي هذه الحالة يلزم استخدام أكثر من كاشف ينتقل المرشح بينها خلال فترات زمنية مسبقة التحديد ، ويوجد نوع آخر من مراصد بيتا تعمل بمبدأ المقارنة بين عدد

جسيمات ألفا وجسيمات بيتا على المرشح ، وكما أوضحنا فإن النسبة بين هذين النوعين من الجسيمات يكون ثابتا بالنسبة للمصادر الطبيعية، وعند وجود ملوثات صنعية تزداد نسبة جسيمات بيتا مقارنة بجسيمات ألفا ، وبالتالي يمكن تحديد تركيز الملوثات المصدرة لجسيمات بيتا عن طريق معرفة النسب المقاسة والنسب المعروفة في الطبيعة، ويتم في هذا النوع الأخير من المراصد استخدام كواشف معينة للكشف عن جسيمات بيتا وأخرى للكشف عن جسيمات ألفا .

توجد أنواع متخصصة من المراصد للكشف عن نويدات معينة مثل مرصد اليود المشع الذي تستخدمه محطات القوى النووية والمفاعلات عموما للكشف عن مستوى اليود بالقرب من المحطة النووية أو داخل منطقتها لتحديد معدلات تسربه من المحطة ورصد مستوياته ، ولهذا الغرض تستخدم مرشحات خاصة يمكنها امتزاز نسبة كبيرة من اليود .

إن اختيار مستوى أنظمة مراقبة الآثار الإشعاعية في الأجواء تحكمها عوامل اقتصادية وعوامل تقنية وأيضا عوامل تشغيلية ، ويفترض أن تقوم أنظمة المراقبة والإنذار بعملها بشكل آلي وبأقل تدخل بشري ممكن وبثبات عال في أدائها . ومن خلال التطور الذي وصلت إليه التقنيات العلمية الحديثة أصبحت أساليب مراقبة تراكيز المواد المشعة في الأجواء تتم في مناطق متفرقة من الدولة بدون تدخل بشري مباشر، إذ يمكن ربطها بشبكة اتصال عبر الحاسب الآلي بمركز رئيس يتولى تلقي بيانات القياسات المختلفة في المناطق المختلفة كما يتولى التحكم في نطاقات محددة في تجهيزات هذه المواقع .

التحليل النظائري للملوثات

تعد شبكات المراقبة والإنذار مهمة للغاية لاستخدامها كوسيلة تحذيرية سريعة عند وقوع الحوادث النووية التي تصل آثارها الإشعاعية الأجواء المحلية إلا أنه لابد من وجود تجهيزات أساس أخرى مهمتها التحقق من صحة أي إنذار تسجله محطة أو عدد من محطات المراقبة في الشبكة عن تواجد آثار إشعاعية في مواقعها ، وتقدير حجم هذه الآثار ومستوى خطورتها ، وذلك بإجراء قياسات نوعية وكمية للمواد المشعة ذات الأهمية ، وقد تكون هذه التجهيزات ضمن مختبرات ثابتة تجلب إليها العينات البيئية المختلفة من المواقع التي جرى الإنذار فيها حيث يتم التحليل الإشعاعي الدقيق لها . كما قد تكون هذه التجهيزات مهيئة في مختبرات متنقلة يتم نقلها للمواقع التي جرى فيها الإنذار لإجراء القياسات المذكورة. وتتكون هذه التجهيزات من أنظمة القياسات الإشعاعية الأساس التالية :ـ

١ ـ التحليل الطيفي لإشعاعات جاما : يتم بوساطة هذه الأنظمة التحليل النوعي والكمي غير الإتلافي للنظائر التي تصدر عنها إشعاعات جاما. وتعد هذه الأنظمة من التجهيزات الأساس والسريعة وذات دقة عالية في القياس كما تتميز بقدرات تحليلية عالية مما يميزها على غيرها من الأنظمة فضلا عن سرعة إنجاز التحاليل . ومن النظائر المشعة الناتجة عن الحوادث النووية والتي تقاس بهذه الأنظمة نظائر السيزيوم واليود وغيرها .

٢ ـ التحليل الطيفي لإشعاعات ألفا : يتم بوساطة هذه الأنظمة تقدير تركيز النظائر المشعة لجسيمات ألفا بعد فصلها كيميائيا من العينات المطلوب قياس تركيز هذه النظائر فيها ، ومن أهم النظائر المشعة لجسيمات ألفا الناتجة من الحوادث النووية والتي تقاس بهذه الأنظمة النظائر التابعة لسلسلة الاكتينات مثل الامريسيوم والكيوريوم والبلوتونيوم .

٣ ـ عدادات جسيمات بيتا : يتم بوساطة هذه الأنظمة تقدير النظائر المشعة لجسيمات بيتا والناتجة عن الحوادث النووية بعد أن يتم فصلها كيميائيا من العينات المطلوب قياس تركيز النظائر فيها ، ومن النظائر التي تقاس بهذه الأنظمة الاسترونشيوم .

وتتم بعض القياسات الإشعاعية الكمية بعد فصل النظائر المشعة كيميائيا من العينات المطلوب قياسها ، وهذا يبرز أهمية تهيئة مختبرات كيميائية مجهزة بوسائل ومتطلبات فصل النظائر المشعة ذات التراكيز المنخفضة في العينات المختلفة . إلا أن طرق فصل النظائر كيميائيا يتطلب الكثير من الجهد والوقت ، وهذا يظهر أهمية تطوير وتتبع طرق كيميائية سريعة لفصل النظائر حيث أن الوقت يمثل عاملا هاماً في مثل هذه الظروف .

التعاون الدولي والحوادث النووية

في إطار التعاون الدولي في مجال حماية الإنسان والبيئة من الكوارث النووية، تتولى هيئة الأمم المتحدة ممثلة في الوكالة الدولية للطاقة الذرية والمنظمة العالمية للأرصاد الجوية الإشراف على المعاهدات الدولية للإنذار المبكر من الحوادث النووية ، وتلتزم الدول المشاركة في هذه المعاهدة بالتبليغ عن الحوادث النووية التي تحدث على أراضيها أو خارجها ويتم رصدها محليا ، وذلك وفق أسلوب موحد ومن خلال وسائل الإتصال التقليدية (التلكس ــ الفكسميلي ـ الهاتف) أو من خلال وسائل النظام الشامل للإتصال والخاص بالمنظمة العالمية للأرصاد الجوية .

من جهة أخرى تسعى الوكالة الدولية للطاقة الذرية ومن خلال المشاريع الإقليمية التي تقيمها ضمن برامجها للمساعدات التقنية إلى الإسهام في استحداث أو تطوير أنظمة الرصد والتبليغ المبكر عن الحوادث النووية في الدول الأعضاء ، وتقوم الوكالة الدولية حاليا بإنشاء برنامج للحاسب الآلي يتولى عملية التحكم في محطات الرصد والإنذار وتصنيف معلومات قياساتها وذلك كخطوة أولى نحو تنظيم دولي للإنذار والرصد الإشعاعي وطرق تبادل المعلومات.

وفي إطار تبادل المساعدات الفنية على النطاق الدولي في الحالات الطارئة استحدثت معاهدة المساعدات الفنية في حالات الحوادث النووية والطوارىء الإشعاعية بإشراف الوكالة الدولية للطاقة الذرية . تهدف هذه المعاهدة إلى رفع مستوى معايير السلامة في مجال الإستخدامات السلمية للطاقة النووية وتوفير الخبرات الدولية اللازمة في حالة وقوع حوادث نووية أو طوارىء إشعاعية بسرعة مناسبة لتفادي تفاقم أضرارها .



ابن سينا

عن : كتاب « أعلام الفيزياء في الإسلام »
تأليف / د. علي الدفاع و د. جلال شوقي
سلسلة : « إسهام علماء العرب والمسلمين »
تأليف / د . علي عبد الله الدفّاع

إعداد / د . ناصر الرشيد

هو أبو علي الحسين بن عبد الله بن سينا ولد في أفشنة قرب خرميش (وهي قرية من قرى بخارى عاصمة خراث) وتوفي في همذان وعاش بين سنتي ٣٧١ ـ ٤٢٨هـ . والد إبن سينا من بلخ (كانت المركز السياسي الرئيس لولاية خراسان ثم تحولت إلى المركز الثقافي لمملكة طخارستان) ، ووالدته من بخارى . حفظ القرآن الكريم وأجاد اللغة العربية وهو في الثانية عشر من عمره وبقي يدرس الشريعة والفلسفة والعلوم الطبعية والمنطق وهندسة أقليدس والمجسطي حتى بلغ السادسة عشرة من العمر ، كان والد بن سينا من محبي العلم ومشجعي طلابه فكان يدعو العلماء المشهورين آنذاك ليدرسوا ابنه الحسين القرآن الكريم والأدب وقواعد اللغة العربية حتى أصبح يقرأ ويعلق على كثير من مؤلفات علماء اليونان مثل كتب أقليدس والمجسطي وكتب الطبيعيات والمنطق وغيرها ، بعد ذلك أخذ يقرأ الكتب بنفسه حتى أصبح مبرزا في شتى العلوم .

تميز ابن سينا عن غيره في جميع فروع المعرفة وعلى وجه الخصوص في العلوم البحتة والتطبيقية مثل الفيزياء والكيمياء والهندسة والرياضيات. وقد برز بشكل كبير في الطب والفلسفة كما أنه طبيب نفساني من الطراز الأول . نتيجة لهذا التميز حصل ابن سينا على عدة ألقاب منها الشيخ الرئيس والمعلم الثالث وجالينوس العرب وأمير الأطباء ، وقد كان موسوعة في العلوم . يقول عنه كارل بوير في كتابه « تاريخ الرياضيات » : إن الحضارة الإسلامية أنتجت عمالقة في العلوم كلها ولكن إبن سينا يعتبر حالة خاصة فهو الذي اكتسب علوم اليونان واستوعبها وشرع بعد ذلك في الإبتكارات العلمية الجليلة » .

اشتهر ابن سينا بين زملائه وتلاميذه بالذاكرة العظيمة وسرعة الفهم وكثرة الإنتاج العلمي حيث لمع في جميع العلوم فكان أسطع نجم في سماء الطب العربي والإسلامي كما اشتهر بأمانته العلمية فكان يحب التوثيق العلمي وقد نسب كثيرا من المعلومات التي وردت في كتابيه القانون والشفاء لأرسطو وثيوفراستس وديسقوريدس وأبوقراط وجالينوس وغيرهم ، وقد اشتهر بحبه للقراءة والكتابة . ولذلك نال احترام ولاة الأمر وزملائه وطلابه والعامة لما يتميز به من خصال حميدة وحسن المعاملة مع مرضاه ، فكان الطبيب المرح الذي يقدم لهم النصائح الأخوية حتى كان في كثير من الأحيان يقدم نصائحه في بعض الأبيات الشعرية وكان معظم علاجه يقدمه تأدبا لا تكسبا .

لا شك أن ابن سينا شخصية تاريخية أدهشت الجميع في جميع فروع المعرفة بدون استثناء لكنه تميز في حقلي الطب والفلسفة وهو العالم المسلم الذي اشتهر باستقلال الرأي منذ نعومة أظفاره فلا يرتبط بآراء من سبقوه من العلماء. يأخذ السمين ويترك الغث، وقد كانت له إنجازات باهرة في شتى فروع المعرفة وقد بلغت مصنفاته مائتين وخمسين مؤلفا بين كتاب ورسالة ومقالة ، وسنتحدث بشيء من الإيجاز عن هذه الإنجازات .

ففي مجال الطبيعيات ألف ابن سينا وصنف في الطبيعيات خمس مؤلفات ما بين كتاب ومقالة ورسالة ولعل أهمها جميعا هو كتاب الشفاء ويقع في سبعة عشر مجلدا وينقسم إلى أربعة أقسام هي المنطق والطبيعة والرياضيات وما بعد الطبيعة .

أما أهم إنجازاته في الطبيعة فتندرج تحت ما يسمى في الوقت الحاضر بعلم الميكانيكا . فقد بحث القوة وأنواعها وعناصر الحركة ومقاومة الوسط ، ويرجع إليه الفضل في اكتشاف قانون الحركة الأول الذي ينسب ظلما لاسحق نيوتن (وهو ما يعرف بمبدأ القصور الذاتي)، فقد ورد في كتابه الإشارات والتنبيهات « أن الجسم إذا خلي وطباعه ، ولم يعرض له من خارج تأثير غريب ، لم يكن له بد من موضع معين وشكل معين ، فإذن في طباعه مبدأ الثبات » . بالإضافة إلى ما سبق فإن مؤلفاته في الرياضيات والفلك والموسيقى بلغت في مجموعها ١٦ مؤلفا بين كتاب ورسالة ومقالة .

وفي الكيمياء أبدع ابن سينا كما أبدع غيره ممن سبقوه أو عاصروه أمثال جابر بن حيان وأبي بكر الرازي ويعقوب بن إسحاق والكندي وغيرهم ويمتاز ابن سينا عنهم بأنه استخدم الطريقة المنطقية لشرح بعض النقاط الغامضة في مؤلفاته . لم يكن ابن سينا مجرد متلق لآراء السابقين بل خالف كثيرا من الآراء الخرافية التي كانت منتشرة آنذاك .

وقد بحث ابن سينا في علم النبات بشكل عام ولكن تركيزه كان على النباتات الطبية وكان وصفه للنباتات وصفا دقيقا يتم عن سعة اطلاع وخبرة في هذا المجال . اشتملت بحوثه ودراساته على الوصف الظاهري للنباتات وعلاقاتها بعضها ببعض وألوانها ومواطنها من حيث التربة التي تنمو فيها سواء أكانت ملحية أم غير ملحية .

اعتمد ابن سينا في دراسته لعلم الحيوان على الوصف العلمي الدقيق مع التوضيح بالنماذج اللازمة . ومن خلال دراساته وبحوثه تطرق إلى العظام والغضاريف والأعصاب والأوعية الدموية والحركة الإرادية واللاإرادية والأجهزة الهضمية والتناسلية وكان نبراسه في ذلك التشريح العملي والمقارنة العلمية للأجهزة المختلفة في مختلف الحيوانات .

لمع ابن سينا في جميع العلوم ولكنه كان أسطع نجم في سماء الطب العربي الإسلامي. يقول عنه جان ماكس في كتابه « قصة الكيمياء في الأزل » : أهمية ابن سينا في حقل الطب فوق التساؤلات فهو العالم في الطب الذي حدد النظريات والتطبيقات الطبية في القرون الوسطى دون منازع ». وقد كان مبدعا في فرعي الطب العام والجراحة والطب النفسي .

إن إنجازات ابن سينا في الطب إنجازات باهرة فهو يعد واحدا من أعظم ثلاثة أطباء عرب هم الرازي والزهراوي وابن سينا . سلك في تشخيصه للأمراض ومعالجة مرضاه الطريقة الحديثة وهي الإستدلال على المرض عن طريق البول والبراز والنبض، وله تشخيصات دقيقة لبعض الأمراض التي كانت منتشرة في ذلك الوقت مثل شلل الوجه والجنب وخراج الكبد وحصى المثانة والفرق بين اليرقان الناشيء عن انحلال الكريات الدموية واليرقان الناشيء عن انسداد القنوات الصفراوية . وهو أول من وصف مرض الإنكلستوما الذي ينسب خطأ إلى العالم الإيطالي دوبيني ..كما أن له ابتكارات في طب النساء والأمراض التناسلية كالعقم وانسداد المهبل والإسقاط وممارسة التوليد والبواسير وحمى النفاس وأسبابها والتعليل السليم للذكورة والأنوثة ونسبتها للرجل دون المرأة . كما أنه وصف مرض السل الرئوي وأشار إلى أن هذا المرض ينتقل عن طريق الماء والتراب . ذكر ابن أبي أصيبعة في كتابه « عيون الأنباء في طبقات الأطباء » تسعة مؤلفات لإبن سينا في الطب ما بين كتاب ورسالة ومقالة من أشهرها كتاب القانون في الطب الذي يعد موسوعة طبية وأفضل ما كتب في حقل الطب حتى عصر النهضة الأوربية . يقع كتاب القانون في الطب في ثلاثة مجلدات وخمسة أقسام .

ويتناول القسم الأول موضوعات عامة كتصنيف الأمراض وأسبابها والأساليب العامة لعلاجها .

أما القسم الثاني فيتناول المفردات الطبية وتركيب كل دواء ومفعوله .

وفي القسم الثالث يتناول الأمراض الجزئية الخاصة بأعضاء الإنسان عضوا عضوا من سمت رأسه إلى القدم ظاهرها وباطنها .

كما يتناول في القسم الرابع الأمراض التي لا تقتصر على عضو واحد كالحميات والأورام والكسور .

وفي القسم الخامس والأخير فهو يتناول دراسة تركيب الأدوية وتحضير العقاقير الطبية .

وقد اشتهر ابن سينا في الطب النفسي شهرة لا تقل عن شهرته في فروع الطب الأخرى . يروي محمد بن إبراهيم الصبحي قصة طريفة في كتابه (العلوم عند العرب) وهي أن هناك شاب أصيب بمرض نفسي فأصبح يتصور نفسه أنه بقرة فأخذ يصرخ مطالبا بذبحه وإطعام لحمه للناس ، عرضت هذه الحالة على الطبيب الرئيس ابن سينا فما كان منه إلا أن أخذ سكينا ووضعها على رقبة الشاب ثم قال بصوت عال يسمعه الشاب إن هذه البقرة نحيفة هزيلة ولا تصلح للذبح ، اعلفوها أولا حتى تسمن ثم اذبحوها بعد ذلك ، والغريب أن الشاب بدأ يتناول الطعام وكان ابن سينا يدس له الدواء فيه حتى تم له الشفاء .

كما أن ابن سينا درس الإضطرابات النفسية وتأثيرها على أعضاء الجسم ووظائفها لذا فهو يلجأ إلى الأساليب النفسية لعلاجها .

اهتم ابن سينا اهتماما بالغا بدراسة الأعشاب لاستخراج الأدوية التي يحتاجها مرضاه فنجح بذلك نجاحا باهرا. لقد أدهش ابن سينا مؤرخي العلوم من قدرته على استخلاص الأدوية الكيميائية من مصادرها الطبعية ، بل إن هذه الأدوية تمتاز كثيرا عن الأدوية التي تحضر في المختبرات الحديثة . لقد خصص فصلا كاملا في كتابه القانون في الطب لدراسة واستعمال هذه العقاقير فأصبحت هذه الدراسة مرجعا مهما للعشابين وعلى رأسهم ابن البيطار . اعتبرت أعمال ابن سينا أساس (علم العقاقير والصيدلة) وقد استرسل في شرح أكثر من خمسين نباتا موضحا بيئاتها الطبعية وخواصها من حيث الطعم والرائحة وفوائدها الطبية والأضرار الناتجة عن استعمالها .

ويعد ابن سينا شاعرا من الطراز الأول حيث يمتاز شعره بالرصانة والحكمة والحماسة وكثيرا ما قدم نصائحه الطبية على شكل أبيات شعرية لأنه يعرف أن الأبيات الشعرية لها تأثير خاص عند الناس . وقد نظم قصيدة من ١٤١٣ بيتا ضمنها جميع المعلومات المتوفرة عن حقل الطب . يقسم النقاد شعر ابن سينا إلى ثلاثة أقسام هي : شعر خاص وشعر فلسفي وشعر تعليمي .

أما في مجال اللغة فقد صنف الشيخ ابن سينا كتابين هما مقالة في مخارج الحروف وكتاب (لسان العرب) .

يضع مؤرخو علماء المسلمين ابن سينا في مقدمة فلاسفة المسلمين . وقد درس فلسفة أرسطو وأفلاطون وشرحها وأضاف عليها الكثير ، وقد خالف أرسطو وأفلاطون وغيرهما من فلاسفة اليونان في كثير من الآراء والنظريات فهو يأخذ ما يوافق مزاجه وينسجم مع تفكيره ويضيف عليه ما يراه مناسبا ، وابن سينا يمتاز بالإستقلالية في الرأي فيعطي رأيه صراحة دون مجاملة، فقد صرح بأن الفلاسفة يخطئون ويصيبون مثلهم مثل سائر البشر وهذه تعد شجاعة نادرة منه في ذلك الزمن . فهو بحق منظم الفلسفة والعلم في الإسلام ولقد أثرى المكتبة الإسلامية بمؤلفاته عن الفلسفة والمنطق حيث بلغت ٢٦ مصنفا ما بين كتاب ورسالة ومقالة . فلله دره من عالم اعترف بفضله الأعداء قبل الأصدقاء .

الإستخدامات الطبية للنظائر المشعة

علي عمر باقازي

منذ اكتشاف النظائر المشعة اتسعت مجالات تطبيقاتها وتعددت سبل استخدامها والإستفادة من خصائصها المختلفة ، وسوف نتعرض في هذه المقالة لبعض استخدامات الإشعاعات والنظائر المشعة في المجال الطبي سواء لأغراض التشخيص أم العلاج أم غيره من المجالات .



يمكن تقسيم الإستخدامات الطبية للإشعاعات والنظائر المشعة إلى ثلاثة أقسام هي :-

التشخيص

تستخدم الإشعاعات أو النظائر المشعة لتشخيص مختلف الأمراض كاستخدام الأشعة السينية في تحديد مواضع الكسور أو الشروخ في العظام وتحديد عيوب الأسنان واكتشاف الأورام ودراسة الشذوذ في وظائف الأعضاء المختلفة أو كفاءة عمل تلك الأعضاء ، وتختلف طرق وأجهزة التشخيص حسب الغرض منها وذلك على النحو التالي :-

١ - التشخيص بالأشعة السينية

تطور استخدام النظائر المشعة والإشعاعات في مجال التشخيص وخصوصا في الأعوام المنصرمة حيث استخدمت الأشعة السينية لتصوير الأعضاء والأنسجة البشرية والتغلغل فيها ورسم صور تبين مكوناتها ، ويستخدم في ذلك عادة أفلام حساسة كأفلام التصوير الفوتغرافي ، فعند مرور الأشعة السينية خلال المواد فإن هذه المواد تحجب جزءا من تلك الإشعاعات وتمرر الجزء الآخر ، وتعتمد كمية الإشعاعات التي تمر عبر المادة أو العضو أو النسيج على سمك هذه المادة أو العضو أو النسيج ، أو كثافته، وكذلك على نوع العناصر الداخلة في تركيبه، وعلى طاقة الأشعة السينية ، فكلما قلت الكثافة أو السمك زادت نسبة الإشعاعات التي تخترق المادة ، وبعد مرورها خلال المادة تصل الأشعة إلى الفيلم الحساس ، وعند تفاعل الأشعة السينية مع طبقة الفيلم الحساس فإنها تؤدي إلى هدم الترابط الكيميائي للمادة الحساسة ، الأمر الذي يؤدي إلى إحداث عتامة في مادة الفيلم الحساسة تزيد حدتها كلما زاد تعرض الفيلم للإشعاعات وتقل كلما قل التعرض، وعليه فإن المناطق التي تظهر معتمة في الفيلم هي مناطق التعرض الشديد للأشعة ، السينية والمناطق البيضاء التي تظهر على الفيلم هي مناطق عدم التعرض للأشعة وبذلك يستطيع الطبيب المتخصص أن يتعرف على العيوب أو القصور في العضو أو النسيج المعين .

ويمكن تقسيم أجهزة التشخيص إلى نوعين هما :-

(أ) نوع ثابت : وفيه يكون كل من المريض وجهاز الأشعة في وضع ثابت .

(ب) نوع متحرك : ويجيء على أشكال مختلفة منها :-

● جهاز التشخيص بوساطة طريقة التصوير الطبقي : وفيه يتحرك كل من جهاز الأشعة السينية والكاشف الإشعاعي بحيث تظهر الصورة مركزة على العضو الذي يراد تصويره .

● التشخيص بطريقة التصوير الطبقي باستخدام الكمبيوتر : وفيه يمر شعاع دقيق من خلال الجسم إلى الكاشف الذي يحدد نسبة مرور الأشعة في أجزاء الجسم المختلفة ، ويبث هذا الشعاع الدقيق إلى كل الإتجاهات المختلفة خلال نفس المنطقة من الجسم المراد تصويرها ثم ترسل هذه

المعلومات التي سجلها الكاشف إلى الكمبيوتر طبقا لبرنامج محدد ، ويمكن بذلك إعطاء صورة واضحة عن الجسم المراد تشخيصه .

٢ - التشخيص بحقن المواد المشعة

يتم تشخيص العديد من الأمراض والقصور في وظائف الأعضاء عن طريق حقن نظائر مشعة معينة إلى داخل الجسم البشري أو لعضو لمعين ، ويتم بعد ذلك متابعة سلوك وانتشار المادة المشعة في الجسم وتركيزها في الأعضاء المختلفة، وعادة ما تكون النظائر المشعة المستخدمة للحقن هي التي تصدر إشعاعات جاما التي تتميز بقدرة كبيرة على اختراق المواد وبالتالي اختراق الأنسجة والأعضاء البشرية ، ويتم متابعة سلوك النظير المشع المحقون وانتشاره في الجسم البشري عموما وفي الأعضاء المختلفة عن طريق رصد الإشعاعات الصادرة عن النظير في الأعضاء والأنسجة البشرية المختلفة وذلك باستخدام مجس أو كاشف مخصص للكشف عن هذه الإشعاعات يمكن توجيهه إلى نقاط الجسم المختلفة وتصوير الإشعاعات الصادرة في لحظات معينة .

يسمى الجهاز المستخدم للكشف عن الإشعاعات الصادرة عن النظائر المشعة في أعضاء الجسم المختلفة **بآلة تصوير جاما** ، وهي آلة كشف وتصوير النشاط الإشعاعي في جميع أجزاء العضو داخل مجال الرؤية ، وتتكون الآلة من بلورة عريضة من يوديد الصوديوم يبلغ قطرها ثلاثة سنتميترات وسمكها ١,٢ سنتميترا ، وتتصل بالبلورة أنابيب التضاعف الفوتوني والتي تصل إلى ٩١ أنبوبة ذات قطر قصير ، متصلة بلوح من البلاستيك. وتغطي البلورة بوساطة درع من الرصاص عديد القنوات يحتوي على مئات الفتحات ، وتحاط البلورة وأنابيب التضاعف الفوتوني بوساطة الرصاص لمنع تأثير الإشعاع الخارجي غير المطلوب ، وتقوم آلة تصوير جاما بدراسة معدل النشاط الإشعاعي داخل وخارج العضو حيث تظل ثابتة فوق العضو تحت الدراسة حتى يمكن بوساطتها رؤية توزيع النشاط الإشعاعي في العضو على شاشة الجهاز .

يوجد حاليا ما يقرب من ثلاثمائة من المواد الصيدلية المشعة التي تستخدم في تشخيص مختلف الأمراض ، وهي في معظمها مركبات عضوية وتتوفر في الأسواق ويمكن الحصول عليها بسهولة ، ولتقليل الجرعة الإشعاعية المستخدمة في التشخيص تستخدم نظائر مشعة ذات عمر نصفي قصير بحيث تكون لها القدرة على التفكك إلى عناصر مستقرة خلال دقائق أو ساعات محددة ، ويستخدم هذا النوع من المركبات تشخيص وتحليل وظائف الكبد والدماغ والرئة والقلب والكلى وغيرها ، فمثلا يستخدم اليود المشع في الكشف عن عيوب الغدة الدرقية حيث وُجِد أن الغدة تقوم بإنتاج هرمون الثايروكسين ، فمن المعلوم أن الأفراد الذين يزداد عندهم نشاط هذه الغدة يصابون بالكسل والخمول مصحوبا بالسمنة في بعض الأحيان . لذلك تجري بعض الفحوصات على الغدة للتأكد من سلامتها بحيث يُعطي المريض كمية من اليود ١٣١ الذي يطلق نوعين من الأشعة هما جسيمات بيتا وإشعاعات جاما ، ويسلك نظير اليود المشع نفس المسلك الذي يسلكه نظير اليود المستقر في الجسم البشري ، كما أن له نفس الخواص الكيميائية حيث ينتقل جزء كبير منه عن طريق الإمتصاص إلى الدم فيخرج جزء منه مع البول ويتركز جزء منه في الغدة الدرقية ، وبعد أربعة وعشرين ساعة من إعطاء جرعة اليود للمريض يمكن قياس كمية اليود التي تجمعت في الغدة الدرقية بقياس كمية الإشعاع الذي تطلقه وذلك باستعمال جهاز حساس لقياس هذه الإشعاعات ، وتتم معرفة المعدل الطبعي لليود من عمل فحوصات على أناس أصحاء ، وعند إجراء فحص من هذا النوع تقدر الجرعة الإشعاعية التي يحصل عليها الشخص المحقون بحوالي ٥ راد، وكنتيجة لهذا الفحص يتعرض المريض لقليل من عدم الراحة ولكن بدون آلام جراحية ، فاليود الذي يؤخذ عن طريق الفم له نكهة طيبة ومذاق مقبول كما أن كل القياسات تجري خارج الجسم دون احتكاك أو ألم .

٣ - اقتفاء الأثر بالمواد المشعة

توجد العديد من المواد المشعة الصيدلية المستخدمة لأغراض اقتفاء الأثر داخل الجسم البشري ، ومن أهم المواد المشعة المستخدمة في الطب النووي نظير التكنيسيوم ٩٩م حيث يتم إدخال المادة الموسومة بالتكنيسيوم ٩٩م في عديد من أعضاء وأنسجة الجسم ، ويمكن الكشف عن هذا النظير بسهولة خارج الجسم نظرا لانبعاث إشعاعات جاما منه . ويتوفر النظير عن طريق مولدات تقوم بإنتاجه من نظير مشع ذي عمر نصفي طويل هو المولبدينيوم ، ويتم استحلاب التكنيسيوم ٩٩م (عمره النصفي ٦ ساعات) عند الطلب من المولد ، وتبلغ الجرعة المناسبة التي يتعرض لها المريض من جراء حقنه بهذا النظير حوالي ١٠٠ ميكروكيوري .

٤ - قياس حجم الدم

تستخدم النظائر المشعة في قياس أحجام السوائل التي لا يمكن قياس أحجامها بالطرق العادية ، فمثلا يمكن قياس حجم البلازما أو الخلايا الحمراء اللذين يمثلان أهمية للطبيب حسب الحالة المرضية، ولقياس حجم البلازما تستعمل عينة من زلال آدمي موسوم باليود ١٣١ المشع ، أما في حالة قياس الخلايا الحمراء فتستعمل عينة من هذه الخلايا مضافا

النظير المشع	عمر النصف
أكسجين ١٤	٧١ ثانية
أكسجين ١٥	١٢٤ ثانية
نيتروجين ١٣	١٠ ثواني
كربون ١٥	٢٠ دقيقة

● عمر النصف لبعض النظائر المستخدمة في التصوير البوزيتروني .

إليها الكروم ٥١ المشع ، وتوضع المادة الموسومة في العينة ويستخدم كاشف مناسب لتقدير كمية الإشعاع المحتواة ، وبعد ذلك يتم حقن العينة بما فيها من المادة الموسومة في أحد الأوردة ، ثم ينتظر بعض الوقت حتى يتم الإتزان باختلاط العينة التي حقنت اختلاطا جيدا مع سائر الدم ، بعدها تؤخذ عينة من الدم ، ويتم مقارنة كمية الإشعاع في عينة الدم الذي تم أخذها بعد فترة الإتزان مع كمية الإشعاع المضافة أولا، وبذلك يمكن حساب الحجم الكلي للدم ، أما خلايا الدم الحمراء أو البلازما فتوجد أجهزة آلية مبرمجة تقوم بقياس الإشعاع وإجراء الحسابات وعرض النتائج ، ويتميز هذا النوع من الأجهزة بسهولة استعماله مما يجعله مفيدا في حالة الطوارىء والعمليات.

٥ - التصوير بالإنبعاث البوزيتروني

تعتمد نظرية هذا النوع من التصوير على استعمال ظاهرة فناء البوزيترون عند تفاعله مع الإلكترون بعدما يفقد طاقته مما يؤدي إلى انبعاث فوتونين ينطلقان في اتجاهين مختلفين ، وتبلغ طاقة كل فوتون ٥١١ كيلو اليكترون فولت ، ويوضع حول المريض كاشف للإشعاعات عبارة عن كاشف وميضي ، وعند حدوث تحول نووي عند نقطة ما داخل المريض ينبعث فوتونان يسجلان في نفس الوقت ، وكنتيجة لتسجيل الجسيمات المختلفة يتم إعادة رسم صورة لتوزيع النشاط الإشعاعي داخل المريض ، وتتطلب آلة التصوير البوزيترونية (بوزيترون كاميرا) توفير النظائر المشعة المصدرة للبوزيترونات التي عادة ما يتم إنتاجها باستخدام معجل السكليترون ، ولما كان عمر النصف لمعظم هذه النظائر المستخدمة في التصوير البوزيتروني قصير فإن هذا يتطلب وجود السيكليترون داخل المستشفى ، ويوضح الجدول الموضح أهم النظائر المشعة المستخدمة لهذا الغرض والعمر النصفي لكل منهما .

العلاج

تستخدم الإشعاعات والنظائر المشعة استخداما واسعا في علاج بعض الأمراض مثل علاج السرطان والأورام الأخرى ، فمن المعلوم أن الإشعاع يتلف الخلايا الحية ويقتلها مما يساعد على استخدامه لقتل الخلايا السرطانية ووقف نموها ، غير أن الجرعات الإشعاعية التي تؤدي إلى قتل الخلايا السرطانية يمكنها أن تؤدي في نفس الوقت إلى قتل الخلايا السليمة فتتأثر بالإشعاع إلا أن هذه الخلايا تشفي بعد ذلك . ومن الملاحظ أن الزيادة في كمية الإشعاع قد تؤدي إلى تدمير الخلايا السليمة و إلى استحثاث السرطان من جديد ، كذلك فإن التعرض لجرعة غير كافية من الإشعاع لن يؤدي إلى قتل جميع الخلايا السرطانية ويبقى بعضها فيعود للتكاثر ولنشاطه وحيويته ، حيث يبدأ السرطان في النمو مرة أخرى .

ولعلاج السرطانات السطحية والجلدية تستخدم الإشعاعات السينية منخفضة الطاقة المنطلقة من أجهزة ذات جهد يتراوح ما بين ٦٠ إلى ١٤٠ كيلو اليكترون فولت . وتسلط حزمة الأشعة على الجلد من مسافة تتراوح ما بين ٥٠ إلى ١٥ سم . أما في حالة علاج الأورام العميقة تحت الجلد فتستخدم أجهزة الأشعة السينية التي يتراوح جهدها ما بين ٢٠٠ إلى ٣٠٠ كيلو اليكترون فولت ، وتصل الجرعة التي يتعرض لها العضو المراد علاجه إلى حوالي ٦٠ جراي توزع على ٢٠ جرعة صغيرة تصل الجرعة الواحدة إلى ثلاثة جراي ، ويمكن علاج سرطان عنق الرحم عند النساء بتوجيه الأشعة السينية أو أشعة جاما من مصادر سيزيوم ١٣٧ أو كوبالت ٦٠ إلى مركز الورم . كذلك يكثر استخدام مصادر الراديوم ٢٢٦ المشع المجهزة في شكل إبر تغرس مباشرة في الورم السرطاني بهدف قتل الخلايا السرطانية دون الإضرار بالخلايا البعيدة السليمة .

التعقيم والحفظ

أصبح تعقيم الأدوات الطبة والصيدلية والعقاقير بالإشعاعات أمرا واسع الإنتشار ، وقد تفوقت الطرق النووية للتعقيم على نظائرها التقليدية لما لهذه الطرق من مزايا عديدة فضلا عن أنها الطريقة الوحيدة بالنسبة لأنواع معينة من العقاقير والأدوات الطبية نظرا لعدم ملاءمة طرق التعقيم التقليدية لها .

ويجيء استخدام الإشعاع في التعقيم والحفظ نتيجة لقدرة الإشعاعات المؤينة على اختراق المواد ، ونظرا لقدرتها على قتل الخلايا ، لذلك أصبحت هذه الإشعاعات هي الطريقة الصالحة لتعقيم عدد من المستحضرات الصيدلانية مثل المراهم والمحاليل والعقاقير الطبية الأخرى فضلاً عن الأدوات البلاستيكية والمطاطية نظراً لتأثير هذه المواد والعقاقير والمستحضرات بالحرارة ، وتتميز عمليات التعقيم بالإشعاعات المؤينة عن طرق التعقيم الأخرى في أن المنتجات المراد تعقيمها يتم عزلها داخل الأغلفة العازلة قبل بدء التعقيم ثم تعقم وهي داخل أغلفتها حيث لاتنزع تلك الأغلفة إلا قبل الإستخدام مباشرة ، ويجري التعقيم في الوقت الحالي

باستخدام مصادر مشعة عالية الشدة كالسيزيوم ١٣٧ والكوبالت ٦٠، وتبلغ الشدة الإشعاعية للمصادر المستخدمة عدة آلاف من الكيوري ، ويمكن استخدام المعجلات الخطية للألكترونات في عمليات التعقيم بشكل متزايد حيث تتولد إشعاعات جاما الإنكباحية عند تصادم الإلكترونات المعجلة بحاجز مصنوع من مادة عددها الذري كبير كالولفرام أو التنجستن فتنطلق بذلك إشعاعات مختلفة الطاقة وشديدة الكثافة ، ويتم تعريض المنتوجات لهذه الإشعاعات لتعقيمها ، وتحتاج عمليات التعقيم إلى جرعات إشعاعية عالية قد تصل إلى ٢,٥ مليون راد (٢٥ كيلو جراي) .

● ميزات التعقيم بالإشعاعات

هناك ميزات كثيرة للتعقيم بإشعاعات جاما منها ما يلي :-

* قدرة أشعة جاما على قتل الخلايا الحية مثل الطفيليات الضارة والفيروسات والبكتيريا .

* تعد عملية التعقيم بالأشعة عملية باردة فهي لا تؤثر على مكونات المادة المراد تعقيمها وخصوصا تلك التي تتأثر بالحرارة مثل المواد البلاستيكية والصمامات الصناعية المستخدمة في جراحة القلب .

* وجد أن الخيوط الجراحية المعقمة بأشعة جاما تكتسب قوة أكثر وتصبح قابلة للثني، كذلك تقل الإشعاعات من درجة تفاعل أنسجتها .

ولهذه الأسباب وغيرها يتم استخدام أشعة جاما لتعقيم المواد الطبية ومستلزماتها لما لها من آثار طبية لا توجد في مثيلاتها من الطرق الأخرى (كاستخدام الحرارة الجافة ، والحرارة الرطبة ، الترشيح، أو استخدام غاز الإثيلين) .



المؤتمر والمعرض الوطني الثالث عشر للحاسب الآلي

تستضيف مدينة **الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** وجمعية الحاسبات السعودية في الفترة ما بين ٤-٨/٦/١٤١٣هـ الموافق ٢٨/١١-٢/١٢/١٩٩٢م المؤتمر الوطني الثالث عشر للحاسب الآلي . ويأتي المؤتمر إمتداداً لأثني عشر مؤتمراًوطنياً عقدت في المملكة العربية السعودية منذ عام ١٣٩٤هـ . وسيعقد المؤتمر بقاعة الملك فيصل للمؤتمرات بالرياض ، وسيكون الموضوع العام له « نقل التقنية المعلوماتية » .

وسوف يعرض في هذا المؤتمر أكثر من ٦٠ ورقة بحث محكمة بالإضافة إلى محاضرات عامة يلقيها عدد من الخبراء في هذا المجال والمدعوين لحضور المؤتمر ، بالإضافة إلى حلقات النقاش الخاصة بالمؤتمر والتي سوف يشارك فيها عدد من المسؤولين في الدولة والقطاع الخاص .

وسوف يصاحب المؤتمر معرضاً خاصاً للشركات العاملة في مجال الحاسب الآلي لعرض أجهزتها وبرامجها . كما سوف يسبق عقد المؤتمر عدد من الدورات الفنية المتخصصة وهي :-

- ● تجميع وتصغير الحاسبات (في الفترة من ١ إلى ٢/٦/١٤١٣هـ) .
- ● الذكاء الصناعي (في الفترة من ١ إلى ٢/٦/١٤١٣هـ) .
- ● هندسة المعلومات (في الفترة من ١ إلى ٢/٦/١٤١٣هـ) .
- ● إدارة مشاريع البرمجيات (في الفترة من ٢ إلى ٣/٦/١٤١٣هـ) .
- ● الأنظمة ذات التصميم المفتوح (في الفترة من ٣ إلى ٤/٦/١٤١٣هـ) .
- ● جودة ونوعية البرمجيات (في الفترة من ٣ إلى ٤/٦/١٤١٣هـ) .
- ● وسائل هندسة النظم (في الفترة من ٣ إلى ٤/٦/١٤١٣هـ) .
- ● التعرف على الكلام (في الفترة من ٣ إلى ٤/٦/١٤١٣هـ) .

وعلى هامش المؤتمر ستنعقد الجمعية العمومية لجمعية الحاسبات السعودية لاختيار أعضاء مجلس الإدارة الجديد للجمعية .ويعد المؤتمر فرصة مناسبة للمختصين والمهتمين في مجال الحاسب الآلي لتبادل الآراء والإطلاع على ما يستجد في هذا المجال ، والدعوة موجهة لكل المهتمين في مجال المعلومات والحاسبات من القطاع العام والخاص لحضور هذا المؤتمر .

ومما يجدر ذكره أن الموضوعات الرئيسة التي سيغطيها المؤتمر هي :-

أولاً : الجوانب الإنسانية وتشمل :-

١ - التفاعل بين الإنسان والحاسب .
٢ - التدريب والتعليم .
٣ - الجوانب القانونية .
٤ - الجوانب الإجتماعية .
٥ - الأمية والتعليم في حقول المعلوماتية .
٦ - المجموعات التخصصية .

ثانياً : البحوث والتطوير وتشمل :-

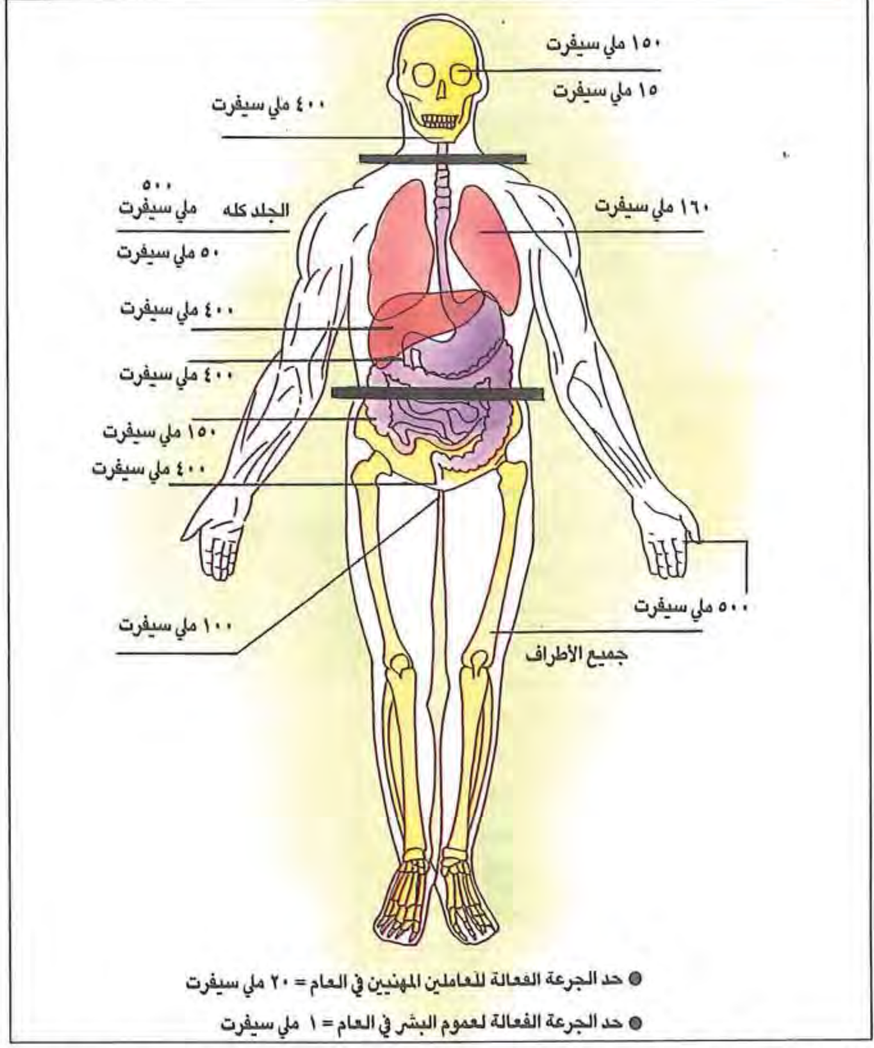
١ - التصنيع .
٢ - التجهيزات والوسائل .
٣ - دور البحث العلمي .
٤ - الإدارة والتخطيط والتنظيم .
٥ - شبكات الحاسب .
٦ - هندسة البرامج .
٧ - نظم التجميع الكبيرة للدوائر .
٨ - الذكاء الإصطناعي .
٩ - نظم عمارة الحاسب .
١٠- قواعد المعلومات .

لمزيد من المعلومات الخاصة بطلبات الاشتراك في المؤتمر والدورات التدريبية يمكن الاتصال على العنوان التالي :-

المؤتمر والمعرض الوطني الثالث عشر للحاسب الآلي - لجنة التسجيل
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
الإدارة العامة للمعلومات
ص . ب ٦٠٨٦ الرياض ١١٤٤٢
ت ٤٨١٣٢٧٣ فاكس ٤٨٨٣١١٨

حدود الجرعات الإشعاعية للإنسان في العام

يستعرض الشكل حدود الجرعات الموصى بعدم تجاوزها في العام الواحد والناتجة عن تعرض الإنسان للإشعاعات الخارجية أو عن دخول المواد المشعة إلى جسمه أو عن كليهما معا ، والقيم المدونة باللون الأحمر هي حدود الجرعات بالنسبة للعاملين في المجال الإشعاعي أو المواد المشعة، أما تلك المدونة باللون الأزرق فهي الحدود الخاصة بعامة الناس الذين لا علاقة لهم بالعمل بالإشعاعات .



● حد الجرعة الفعالة للعاملين المهنيين في العام = ٢٠ ملي سيفرت

● حد الجرعة الفعالة لعموم البشر في العام = ١ ملي سيفرت

ولا تطبق هـذه الحدود على المرضى عند استخدام الإشعاعات أو المواد المشعة في عمليات تشخيص أو علاج المرض وإنما يجوز تجاوز هذه الحدود إلى مدى كبير بشرط وجود مبررات لهذا التجاوز وعدم جدوى وسائل التشخيص أو العلاج غير الإشعاعي وبشرط أَمْثَلَةَ ظروف التعرض ووصول الجرعة إلى أدنى حد يؤدي للغرض .

وقد يبدو للقارىء الكريم بعد استعراض القيم الواردة في الشكل أن هناك تعارضا بين قيمة حد الجرعة الفعالة للجسم ككل وهو ٢٠ ملي سيفرت للعام الواحد للعاملين في مجال الإشعاع ، وبين قيم الحدود الخاصة بالأعضاء كل على حدة ، والتي تتجاوز في مجموعها مائة ضعف الجرعة الفعالة للجسم ككل . لذلك وجب التنويه إلى أن حد الجرعة المدون مقابل كل عضو هو عبارة عن الجرعة المكافئة المودعة في هذا العضو والتي لا يجوز تجاوزها في العام الواحد من كلا التعرضين الداخلي والخارجي لهذا العضو بشرط عدم تعرض أي عضو أو نسيج آخر في الجسم للإشعاعات أو المواد المشعة ، في حين أنه لتقويم الأضرار والمخاطر الإشعاعية العشوائية التي قد تصيب المتعرض للإشعاعات تستخدم **الجرعات الفعالة** التي تحسب على أساس تعرض جميع أعضاء وأنسجة الجسم بنفس الأسلوب ، وعند اختلاف مدى التعرض للأعضاء المختلفة يمكن حساب **الجرعة الفعالة** للجسم كله بمعرفة **الجرعة المكافئة** المودعة في كل عضو أو نسيج ، لذلك حدد لكل عضو أو نسيج في الجسم نسبة وزنية من ا لجسم ككل يطلق عليها اسم **المعامل الوزني** للعضو أو النسيج ، فنجد على سبيل المثال أن **المعامل الوزني** لأغراض الحماية من الإشعاع لكل من الغدة الدرقية والكبد والمثانة كل على حدة هو ٠,٠٥ ملي سيفرت في حين أن **المعامل الوزني** للرئتين أو المعدة هو ٠,١٢ ملي سيفرت وللغدد التناسلية (الخصيتين عند الرجل) هو ٠,٢ ملي سيفرت .

وتعرف **الجرعة الفعالة** للجسم ككل عندئذ على أنها عبارة عن حاصل جميع نواتج ضرب **الجرعة المكافئة** في **المعامل الوزني** للأعضاء، وزيادة في الإيضاح فإنه عند تعرض الغدد التناسلية مثلا في شخص **لجرعة مكافئة** مقدارها ١٠٠ ملي سيفرت، دون تعرض أي عضو آخر من جسم هذا الشخص للإشعاع تكون **الجرعة الفعالة** هي ١٠٠ × ٠,٢ = ٢٠ ملي سيفرت ، وبذلك يكون قد وصل إلى حد الجرعة السنوي الذي لا ينبغي تجاوزه .

وعند تعرض الغدد التناسلية في شخص ما لجرعة مقدارها ٥٠ ملي سيفرت والمثانة لجرعة مكافئة مقدارها ٢٠٠ ملي سيفرت في نفس الشخص دون تعرض أي عضو آخر من أعضائه تصبح **الجرعة الفعالة** لهذا ا لشخص هي :

٥٠ × ٠,٢ + ٢٠٠ × ٠,٠٥ = ١٠ + ١٠

= ٢٠ ملي سيفرت

وهكذا يتضح للقارىء الكريم الفرق بين **الجرعة الفعالة** للجسم كله **والجرعة المكافئة** للأعضاء والأنسجة البشرية .



تقنية الإشعاعات النووية في الزراعة

د . مصطفى كامل إمام

يشهد الإنتاج الزراعي في العصر الحديث تقدما عظيما وذلك بفضل الجهود التي بذلت خلال السنوات الأخيرة لتحسين الإنتاج الزراعي عن طريق البحث العلمي لاستحداث سلالات جديدة عالية الإنتاج ذات جودة عالية ملائمة للظروف البيئية التي تزرع فيها . وكذلك لتطوير طرق تخزين المحاصيل لحفظها من التلف نتيجة لإصابتها بالفطريات والكائنات الضارة الأخرى .

ساهمت الأبحاث التي أجريت على استخدام الإشعاع في زيادة نسبة الطفرات في النبات ثم انتخاب المناسب منها في عمليات تحسين الصفات الوراثية ، وقد استخدمت الأشعة المؤينة كوسيلة للتعقيم البارد لبعض المنتجات الغذائية بدلا من تعقيمها باستخدام الحرارة والبخار خاصة بالنسبة للمواد التي تتلف بالحرارة العالية ، كما استخدمت الجرعات المنخفضة من هذه الإشعاعات لمنع تزريع بعض المحاصيل الدرنية مثل البطاطس والبصل والثوم ، ولم يقتصر دور النظائر المشعة على هذه الجوانب فحسب بل تعداها إلى جوانب أخرى عديدة كاستخدامها في تقدير نسبة الرطوبة في التربة عن طريق قياس نسبة النيوترونات المتشتتة لمعرفة احتياجات التربة من الماء وتقدير المعدلات والمقننات المائية المناسبة للري من أجل إنتاج أعلى مع ترشيد استهلاك المياه في الري ، وكذلك استخدمت النظائر المشعة في دراسة العمليات الفسيولوجية الدقيقة التي تتم داخل النبات عن طريق تتبع العناصر الموسومة (Labelled element) أي مايطلق عليها اسم المقتفيات (Tracers) التي أدت إلى فهم دقيق لما يتم داخل النبات من عمليات حيوية ، مثل استخدام نظير الكربون ١٤ في دراسة تفاصيل عملية التمثيل الضوئي ، ونظير النتروجين ١٥ في دراسة عملية تكوين البروتينات في النبات من المركبات الأبسط منها ، ونظير الفوسفور ٣٢ والنظائر المشعة الأخرى في دراسة وظائف العناصر المعدنية في تغذية النبات ومعرفة المركبات الوسطية التي تتكون من هذه العناصر بدءا من امتصاصها بوساطة النبات وحتى النواتج النهائية في عمليات التمثيل الغذائي . وقد استفاد العلماء من نتائج هذه الأبحاث في وضع النظريات العلمية التي يقوم عليها النظام الأفضل لتسميد النبات لإنتاج أفضل من المحصول من ناحية الكم والنوع. هذا ويمكن استعراض بعض تقنيات الإشعاعات والنظائر المشعة في مجال الزراعة على النحو التالي :ـ

تربية النبات

في عام ١٩٢٧م أوضح العالم السويدي مولر Muller ـ ولأول مرة ـــ أن الأشعة السينية يمكن أن تحدث زيادة في معدل حدوث الطفرات الوراثية في النبات . ومن ضمن صفات هذه الطفرات المستحثة أنه لايمكن تمييزها عن الطفرات الطبيعية التي تظهر على النباتات من حين لآخر ، ومما يجدر ذكره أن الطفرة الوراثية هي تغير في تركيب المادة الوراثية في أحد صفات النبات مثل طوله أو لونه أو حجم بذوره والتي قد ينجم عنها تغير شكله أو قدرته على إنتاج مادة كيميائية معينة ....الخ ، وقد تكون بعض هذه الطفرات مفيدة للنبات مثل صفة مقاومة بعض الأمراض أو صفة التبكير في النضج ، إلا أن الغالبية العظمى تكون ضارة مثل الطفرات عديمة اليخضور (Albino) أو الطفرات القزمية (Dwarf) ، وعندما يضع المربي يده على طفرة نافعة يمكن الإستفادة منها بعد دراسة طبيعة توريثها (سائدة أم متنحية) والصفات الإقتصادية الأخرى .

وقد تمت دراسة تأثير أنواع الإشعاعات المختلفة على إحداث الطفرات الوراثية في النبات يمكن تلخيصها في الآتي :ـ

١ ـ الإشعاعات المؤينة : تعمل الإشعاعات المؤينة (الأشعة السينية ، إشعاعات جاما ، جسيمات بيتا ، جسيمات ألفا ، والنيوترونات)

عـنـد تعريض النبـات لهـا علـى تكسير الكروموسومات الحاملة للصفات الوراثية في مناطق مختلفة (Chromosome breakage) ونتيجة لذلك تحدث تغيرات كروموسومية منها نقص أو فقدان لبعض أجزاء الكروموسومات (Defiencies) أو انتقال بين أجزاء الكروموسومات (Translocation) تقود إلى تغير في الصفات الوراثية للنبات . وتختلف الصفة التي يحدث بها التغيير باختلاف الموقع الذي حدث فيه كسر للكروموسوم . أما عدد الصفات المتغيرة فيتوقف على عدد المواقع التي حدث فيها الإختلال أو الكسر .

يختلف تأثير الإشعاعات المؤينة حسب الجرعة الإشعاعية ونوع الإشعاع ، فزيادة الجرعة الإشعاعية بغض النظر عن نوعها يعني ازدياد درجة الإختلال في الكروموسومات ، وبالمثل تزداد درجات الاختلال في الكروموسومات باستخدام أنواع معينة من الإشعاع وتنخفض في أنواع أخرى ، فعلى سبيل المثال فإن تأثير الأشعة السينية يعد ضئيلا ومأمونا لأنه يسمح بتكسير أقل للكروموسومات مقارنة بالإشعاعات المؤينة الأخرى (إشعاعات جاما ، جسيمات بيتا ، والنيوترونات) . وقد ينتج عن استخدام الإشعاعات الأخيرة ظهور طفرات مميزة تتميز بغياب عنصر هام من عناصر نمو النبات كظهور نباتات خالية من مادة اليخضور.

ويفضل استخدام الأشعة السينية عن غيرها من الإشعاعات لإحداث الطفرات في برامج تربية النبات لأسباب كثيرة منها أن الجهاز الذي يصدرها متوفر في أغلب مراكز البحث العلمي وأسهل في الإستعمال من غيره من أجهزة الإشعاع . كما يسهل التحكم في معاملة البذور وأجزاء النبات الأخرى بهذه الأشعة علاوة على أنه من السهل حساب الجرعة اللازمة من الأشعة في كل حالة.

٢ ــ الأشعة غير المؤينة : ومنها الأشعة فوق البنفسجية (Ultra violet rays) وهي لا تسبب تأين ولكن تؤدي إلى تهيج الإلكترونات . ويمكن الحصول عليها بوساطة مصباح بخار الزئبق(Mercury vapor lamp) وهي أشعة تؤثر على طبقة رقيقة جدا من خلايا النبات، وقد اتضح أنها فعالة في حالة معاملة حبوب اللقاح أو القمم النامية للجذور . ويعد تأثير هذه الأشعة ضئيل جدا في إحداث التغيرات الكروموسومية ولكنها تعطي نسبة كبيرة من الطفرات الموضعية (Point mutations) حيث يكون تأثيرها على موضع معين على الكروموسوم . ويعد تأثير الأشعة فوق البنفسجية أخف حدة من الأشعة المؤينة حيث أنها لا تؤدي إلى تكسير الكروموسومات وإنما تحدث تغييرا في التركيب الكيميائي للمادة الوراثية في جزء معين ينتج عنه طفرة في المورث الموجود على هذا الجزء من الكروموسوم .

يعد الشعير أول المحاصيل الزراعية التي استخدمت في دراسة تأثير الإشعاع على إحداث الطفرات حيث أمكن الحصول على عدة طفرات منه بعد معاملة بذوره بجرعات مختلفة من الأشعة السينية. وعندما اقتربت الجرعات من الكمية المميتة زادت نسبة ظهور الطفرات أكثر من ألف ضعف مقارنة بنسبة ظهورها في الجرعات المنخفضة . وفي عام ١٩٣٠م ظهرت بعض الطفرات ذات سنابل مندمجة وسيقان قوية سُمِّيت (Erectoids) أي ذات الساق القائمة. ومنذ ذلك الوقت ظهرت طفرات أخرى عديدة أثرت على طول النبات وميعاد النضج وحجم البذور واتساع الورقة ولونها وكمية المحصول . وبدا في بعض الأحيان أن الطفرات تؤثر على صفة واحدة في النبات بينما في حالات أخرى كان من الواضح أنها تؤثر على أكثر من صفة .

تبع الشعير محاصيل أخرى استخدمت لدراسة تأثير الإشعاع على إحداث الطفرات مثل القمح والبسلة وفول الصويا والترمس والكتان وبنجر السكر والبطاطس وبعض نباتات العلف النجيلية والتفاح والكمثرى والبرقوق والكرز وبعض الزهور ونباتات الزينة . ورغم كثرة المحاصيل التي تمت دراستها إلا أن عدد الأصناف التي أمكن تربيتها بهذه الطريقة يعد محدودا للغاية لعدم إمكان منافستها للأصناف التجارية التي تعوَّد عليها المزارعون . ولعل أبرز الأمثلة على الأصناف التي تم تربيتها بوساطة الإشعاع صنف الفاصوليا سانيلاك (Sanilac) عام ١٩٥٦ الذي نتج عن تعرض صنف مداد من الفاصوليا للأشعة السينية ، وتتميز هذه الطفرة بنباتات قائمة مبكرة في النضج بمقدار ١٢ يوما عن الصنف الأصلي المداد ، وقد تم تحسين هذه النباتات بإضافة صفة المقاومة لمرض الانثراكنوز(Anthracnose) عن طريق التهجين مع صنف آخر مقاوم لهذا المرض . وبذلك أصبح الصنف الجديد مبكرا في النضج ومقاوما للمرض ومتفوقا في كمية المحصول . ونظرا لأن نباتاته قائمة فقد كان مناسبا لعملية الحصاد الآلي . ولذا فضله المزارعون في ذلك الوقت على الأصناف التجارية الأخرى .

وهناك ميل إلى الإستفادة من الطرز البرية (Wild types) والسلالات الأخرى المتوفرة في بنوك الأصول النباتية عند الحاجة إلى إدخال صفة المقاومة لمرض من الأمراض في أحد المحاصيل بدلا من محاولة استحداثها عن طريق الطفرات . كما يجب الإشارة إلى أن عملية استحداث الطفرات ليست في حد ذاتها طريقة من طرق التربية ولكنها وسيلة لإحداث تصنيفات وراثية جديدة وخاصة في النباتات ذاتية التلقيح التي تكون فيها التصنيفات الوراثية محدودة . ويلزم بعد إحداث الطفرات اتباع أحد طرق التربية المعروفة مثل التهجين أو الإنتخاب الفردي أو الإنتخاب الجماعي من أجل الحصول على صنف جديد يتميز بصفة معينة ويستطيع منافسة الأصناف الأخرى . ولا شك أن استخدام الإشعاع الذري في إحداث الطفرات قد ساهم بطريقة فعالة في مجال تربية النبات على الأقل كمرحلة من مراحل التقدم العلمي .

حفظ المنتجات الزراعية

يعد حفظ الأغذية بالإشعاع أحدث طريقة صناعية ابتكرها الإنسان لحفظ الأغذية بعد طريقة التعليب، وهي تختلف عن التبريد والتجميد والتجفيف التي تعد طرقا محسنة لطرق معروفة طبعيا .

أصدرت إدارة الأغذية والعقاقير (FDA) الأمريكية في عام ١٩٦٣م قرارا يفيد

بأن اللحم البقري المعامل بالإشعاع يصلح للإستهلاك الآدمي دون أي استثناءات ، ومنذ ذلك الوقت بدأت مرحلة جديدة من مراحل صراع الإنسان لحماية غذائه من العطب والفساد ، ويمكن القول دون مغالاة أن استخدام الطاقة الذرية في حفظ الأغذية يعد من أعظم ما تفتق عنه العقل الإنساني في القرن العشرين .

وتستخدم أشعة جاما الناتجة من المعجلات والعناصر المشعة مثل كوبلت ٦٠ او سيزيوم ١٣٧في تشعيع الأغذية ، ويحظر استخدام أنواع الإشعاعات الأخرى مثل جسيمات بيتا وجسيمات ألفا والنيوترونات لأنها تؤدي في كثير من الحالات إلى حدوث اضطرابات في نوى ذرات العناصر وتكوين نويدات مشعة مما قد يؤدي إلى حدوث أورام سرطانية عند تناولها .

وتختلف الجرعات اللازمة لحفظ الأغذية باختلاف نوع الغذاء وطول الفترة المطلوبة للحفظ . وتقاس جرعة الإشعاع بوحدة الـ « راد» rad أو بالوحدة العالمية المعروفة باسم « الجراي » Gray والتي تساوي ١٠٠ راد .

ويمكن تقسيم الجرعات المستخدمة في عمليات الحفظ إلى قسمين رئيسين هما :ـ

● القسم الأول : ويسمى بالجرعات المرتفعة (High doses) ويسمى أيضا بالتعقيم البارد ويتم باستخدام جرعات كبيرة من الإشعاعات تتراوح ما بين ٢ إلى ٤,٥ مليون راد (٢٠ إلى ٤٥ ألف جراي) ، ويفضل التعقيم البارد على التعقيم باستخدام الحرارة بالنسبة للأغذية التي تتأثر بالحرارة العالية، وتكفي هذه الجرعة من الإشعاع لتثبيط كل النظم الحيوية مثل الأنزيمات ، وكذلك للقضاء على الميكروبات وذلك مع مراعاة ضمان عدم تجدد التلوث بعد إتمام المعاملة .

● القسم الثاني : ويطلق عليه اسم البسترة الباردة ، ويتم عادة باستخدام جرعات أقل (Low doses) من الإشعاعات تتراوح ما بين ٢٠٠ إلى ٥٠٠ كيلوراد أي ما بين ٢ إلى ٥ كيلو جراي ، وقد تتم كذلك بجرعات أقل .

تنجم عن جرعات البسترة أو الجرعات المنخفضة عنها إطالة الفترة التخزينية للمواد الغذائية لفترة قد تمتد إلى ثلاثة أضعاف فترة التخزين لنفس الأغذية غير المشععة والمخزنة تحت نفس ظروف التخزين ، وعلى سبيل المثال أمكن إطالة الفترة التخزينية للأسماك في الثلاجات لمدة ٣٠ يوما بعد تشعيعها بجرعات تتراوح ما بين ٢٠٠ إلى ٤٠٠ كيلوراد بينما لا تزيد فترة تخزين نفس الأسماك في نفس درجة الحرارة عن ٩ أيام . كما تستعمل جرعات بين ٢٠ إلى ٥٠ كيلوراد في قتل يرقات الحشرات التي تصيب الحبوب المخزونة ، كذلك فإن جرعة مقدارها ٥٠ كيلوراد يمكنها إنتاج يرقات مصابة بالعقم وذلك للحشرات التي تختفي داخل الثمار. إضافة إلى ذلك أمكن منع تزريع درنات البطاطس والبصل والثوم باستخدام جرعات تتراوح بين ٤ إلى ١٠ كيلو راد ، وفي هذه الحالة يتم تشعيع الدرنات أو الأبصال المخصصة للإستهلاك الغذائي دون الدرنات والأبصال المخصصة كتقاوي لأن التشعيع يمكن أن يؤدي إلى وقف نمو براعم هذه الدرنات والأبصال فتصبح بالتالي غير صالحة للزراعة .

وفي مجال تشعيع الخضروات الطازجة مثل الفاصوليا والباميا والكوسة وغيرها فقد كان يعتقد في أواخر الخمسينات أن معاملتها بأشعة جاما بغرض إطالة فترة التخزين هو السلاح الفعال الوحيد لخفض نسبة التلف أثناء التخزين الطويل ، ولكن الإهتمام بهذه التقنية بدأ يقل في أواخر الستينيات بسبب عدم الجدوى الإقتصادية ونواحي الأمان في وجود مصادر مشعة داخل الوحدات التي تشيَّد لتشعيع الخضروات على المستوى التجاري ، ويرى البعض أن الآمال الكبيرة التي كانت معقودة على استخدام هذه التقنية في تخزين الخضروات كانت مبنية أساسا على استنتاجات متفائلة أكثر من اللازم لنتائج أبحاث أجريت على نطاق ضيق ولكن ثبت عدم جدوى استخدامها على مستوى واسع مقارنة بطرق الحفظ الأخرى مثل التبريد . ويرجع السبب الرئيس في ذلك إلى تجاهل أو عدم استيعاب الحقيقة العلمية التي مفادها أن الخضروات الغضة هي أنسجة حية (Live tissues) وليست كالمواد الأخرى مثل شرائح اللحم المدخنة أو الضمادات الطبية التي يمكن تعقيمها بأشعة جاما دون تلف . يجب أن يؤخذ في الحسبان أن الأنسجة الحية التي منها الخضروات تتأثر بأي معاملة يكون من شأنها الإضرار بالنشاط الحيوي للخلايا حيث تؤثر على قدرتها في البقاء حية وبالتالي قدرتها على التخزين بدون تلف . وإذا اعتبرنا مجازا أن عيش الغراب من الخضروات فإنه يمكن اعتباره الخضار الوحيد الذي أمكن حتى الآن حفظه بنجاح بتعريضه للجرعة المناسبة من الإشعاع .



● إستخدام أشعة جاما لمنع تزريع درنات البطاطس .

إستخدام الأغذية المشععة

أثيرت تساؤلات عديدة عن سلامة استخدام الأغذية المشععة كغذاء للإنسان وقد درست باستفاضة احتمالات تكوين أية مركبات سامة في الغذاء بعد تشعيعه أو اكتساب أي من مكوناته لخاصية الإشعاع ، وكذلك تأثير الإشعاع على المكونات الغذائية الهامة ، والمقارنة بين ذلك الأثر والأثر الذي تحدثه الطرق الأخرى كالتعليب أو التجفيف مثلا . وقد ثبت من هذه الدراسات عدم حدوث أي آثار وظيفية أو نسيجية أو ظهور أية ظاهرة من الظواهر الأخرى التي تدل على أي نوع من الضرر الصحي يمكن أن يعزى إلى تناول أطعمة معاملة بالإشعاع وذلك عند جرعات تصل إلى ٦ ميجاراد . إلا أنه قد ثبت أن المعاملة بالجرعات العالية قد تسبب بعض التغيرات في الرائحة والنكهة ما لم تتبع الطرق التقنية الصحيحة والإحتياطات اللازمة لمنع أو تقليل ظهورها . وتنتج هذه الروائح نتيجة تكسر الروابط في بعض جزيئات البروتينات أو انطلاق مركبات طيارة بتركيزات ضئيلة جدا قد لا يمكن الكشف عنها أو تقدير كميتها تحليليا، كما يمكن أن تسبب تأكسد أو تكسر بعض جزيئات الدهون .

بدأ انتشار التطبيق العلمي لمعاملة الأغذية بالإشعاع على النطاق التجاري في كثير من أقطار العالم. وتشترط القوانين الغذائية ضرورة ذكر أنها معاملة بالإشعاع على بطاقة العبوة. وقد قامت في الولايات المتحدة الأمريكية وأوربا حملة توعية إعلامية تؤكد سلامة استهلاكها غذائيا . ويوضح الجدول التالي أمثلة لبعض المواد الغذائية المصرح بتشعيعها والجرعة المستخدمة التي تصرح بها إدارة الأغذية والعقاقير الأمريكية .

كما تصرح السلطات المسؤولة في هولندا وفرنسا وإنجلترا بطرح البطاطس والبصل والثوم المعامل بالإشعاع في الأسواق بشرط كتابة المعاملة على بطاقة العبوة .

، ومما يجدر ذكره أن هناك فرقاً كبيراً بين الأغذية المعاملة بالإشعاع التي تمت مناقشتها وبين الأغذية الملوثة بالإشعاع والتي سمعنا عنها في أعقاب حادث تشر نوبل ، فالأخير هو حادث انفجار كيميائي لمفاعل نووي نتج عنه تسرب ذرات مشعة على هيئة غبار ذري تلوث به الهواء في تلك المنطقة وحملته الرياح إلى المناطق المجاورة ، وعند سقوط هذه المواد على الأرض فإنها تلوث المحاصيل بالمواد المشعة الضارة سواء عن طريق التصاق المواد المشعة بأوراق النبات أم عن طريق امتصاص النبات لهذه المواد من التربة فتكون ثماره ملوثة بهذا المواد .

وهكذا وجب التنويه إلى أن الأغذية الملوثة بالمواد المشعة مختلفة تماما عن الأغذية المعاملة بالإشعاع والتي لا تحتوي في الواقع على أية عناصر مشعة .

المـــادة	الغرض من المعاملة	مصـدر الإشعـاع	الجرعة المصرح بها
اللحوم	التعقيم	كوبلت ٦٠ أو سيتريوم١٣٧	٤,٥ ـ ٥,٦ ميجا راد
القمح ودقيق القمح	القضاء على الحشرات	كوبلت ٦٠ أو سيتريوم١٣٧	٢٠ ـ ٥٠ كليو راد
البطاطس والبصل والثوم	منع التزريع	كوبلت ٦٠ أو سيتريوم١٣٧	٥ ـ ١٠ كيلو راد

● الجرعات الآمنة لتشعيع بعض المواد الغذائية .

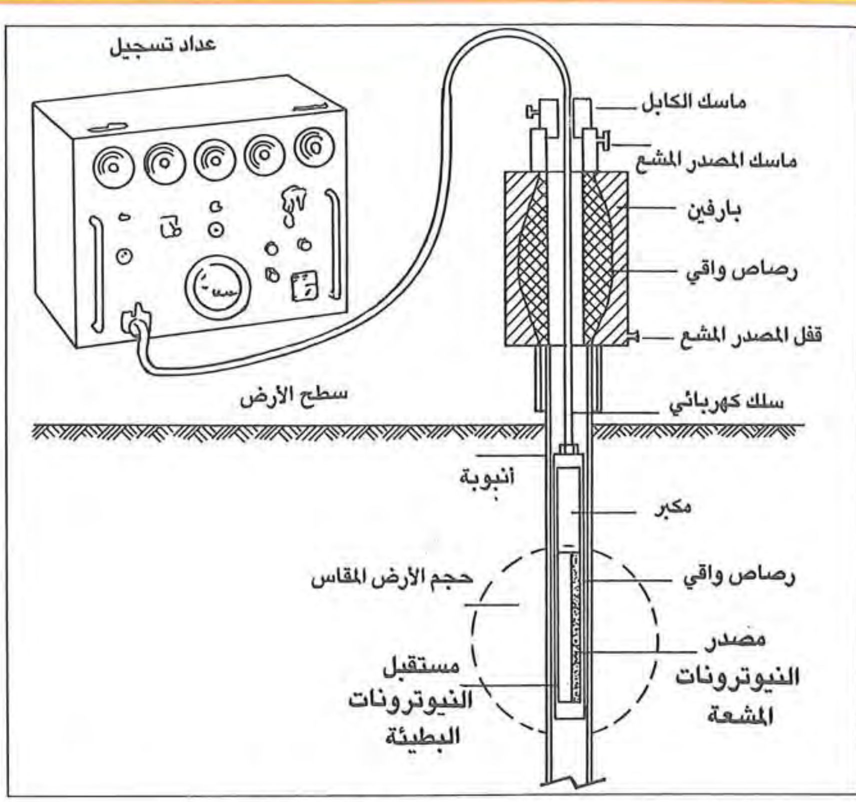
تقدير نسبة الرطوبة في التربة

استخدمت المواد المشعة حديثا لقياس المحتوى الرطوبي في التربة . وتعتمد الفكرة الأساس على القدرة الكبيرة للنيوترونات في التشتت عن العناصرالخفيفة كالهيدروجين وبالتالي تختلف درجات تشتتها عندما توضع في اتصال مع مواد ذات محتوى رطوبي مختلف ، وعند قياس نسبة التشتت يمكن بسهولة تقدير المحتوى الرطوبي في التربة بدقة لا بأس بها . وتتميز هذه الطريقة بأن الجهاز المستخدم يقوم بعملية التقدير في الأرض مباشرة دون الحاجة إلى أخذ عينات وتحليلها بالمختبر . ويوضح شكل (١) رسما توضيحيا لمكونات الجهاز.

يتركب الجهاز أساسا من مصدر مشع (من مادتي راديوم ـ بريليوم) للنيوترونات السريعة مع جهاز استدلال حساس للنيوترونات البطيئة التي تنتج عن التشتت، وعداد للتسجيل . وتجري القياسات بإنزال حامل المصدر المشع داخل أنبوبة إلى الطبقة التي سيتم قياس رطوبتها ويتم تسجيل عدد الإشارات (عدد النيوترونات المتشتتة) لمدة دقيقة في المتوسط . ويمكن باستخدام منحنيات قياسية تربط العلاقة بين المحتوى الرطوبي وما سجله العداد من النيوترونات المشتتة في الدقيقة إيجاد الرطوبة الأرضية في فترة وجيزة جدا ولأعماق مختلفة من التربة .

تتمثل النظرية التي بني عليها هذا الجهاز في كون أن النيوترونات المنبعثة من المصدر المشع تمثل جسيمات ذات كتلة مساوية تقريبا لكتلة ذرة الهيدروجين الموجودة في الأرض كمكون للماء . وعند انبعاث هذه النيوترونات من المصدر فإنها تصطدم بغيرها من الذرات وتتشتت في كل اتجاه حيث يؤدي كل اصطدام إلى فقد جزء من الطاقة الحركية للنيوترونات ، ومع استمرار التصادم والتشتت والإنخفاض في الطاقة تصبح النيوترونات بطيئة . يزداد متوسط فقد النيوترونات السريعة كلما زاد اصطدامها بذرات ذات وزن جزيئي منخفض كذرات الهيدروجين . وعند تسجيل عدد النيوترونات البطيئة على مسافة معينة من المصدر في وحدة الزمن فإنه يمكن تقدير تركيز الهيدروجين أي المحتوى الرطوبي للتربة في الوسط المحيط .

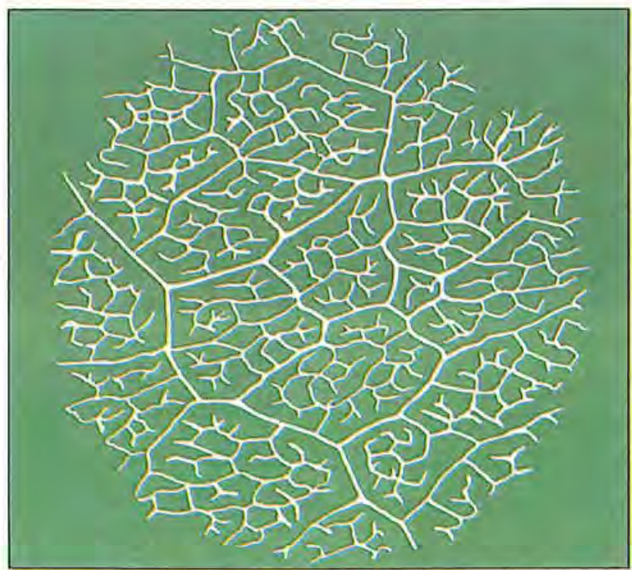
تساعد هذه الطريقة في دراسة مدى احتياج التربة للري والنظام الأمثل الذي يمكن اتباعه لري المحاصيل المختلفة في هذه الأرض للحصول على إنتاج أعلى . ويجب الإشارة إلى أنه يجب اتخاذ الحذر الشديد أثناء استخدام هذا الجهاز لضمان عدم التعرض للإشعاعات نتيجة الإستخدام الخاطيء .



● شكل (١) جهاز قياس نسبة الرطوبة في التربة .

وظائف النبات والحيوان

أدت النظائر المشعة خدمة جليلة حيث ساعدت العلماء على تتبع سير العناصر المختلفة داخل أنسجة النبات أو الحيوان منذ لحظة امتصاصها وحتى تكوين المركبات النهائية . ولعل استخدام الكربون في دراسة النواتج الوسطية في عملية التمثيل الضوئي في النبات وتأثير الظروف البيئية المختلفة على هذه العملية ثم طريقة انتقال نواتج عملية التمثيل الضوئي إلى الأجزاء المختلفة من النبات من أحسن الأمثلة لاستخدام النظائر المشعة في فسيولوجيا النبات . فعند تعرض النبات إلى غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يحتوي على ذرات الكربون ١٤ واستخلاص نواتج عملية التمثيل الضوئي على فترات مختلفة ثم فصلها عن طريق كروماتوجرافي الورق (Paper chromatography) بعد كل فترة وتصوير الورقة بعد فصل المكونات (الكروماتوجرام) بطريقة التصوير الإشعاعي الذاتي حيث يتم تعريض ورق الكروماتوجرام إلى فيلم حساس يعطي بقعاً غامقة عند اتصاله بالنقط التي تحتوي على النشاط الإشعاعي (الكربون المشع) . ويتم حساب الكميات المنشطة اشعاعيا بإجراء نفس الطريقة على كميات معروفة ومحددة من الكربون ١٤ (منحنى قياسي) ثم تقارن الكثافة النسبية لكل من التجربة والعينة المعروفة التركيز. يوضح شكل (٢) التصوير الإشعاعي الذاتي لعروق ورقة نبات بنجر السكر أن أنسجة اللحاء بها سكريات تحتوي على كربون ١٤ وذلك في إحدى التجارب لإثبات أن انتقال السكريات في النبات يتم عن طريق نسيج اللحاء .



● شكل (٢) مواقع السكريات في ورقة نبات بنجر السكر .

كذلك يمكن استخدام نظير النتروجين ١٥ لتتبع سير عنصر النتروجين في تكوين جزيء البروتين خصوصاً في عملية انتقال الأمينات .

أظهرت الدراسات أنه عند تغذية النبات بمجموعة أمونيا موسومة بالنتروجين ١٥ فإن الحامض الأميني جلوتاميك المحتوي على نتروجين ١٥ يتكون بكمية كبيرة مقارنة بالأحماض الأمينية الأخرى حيث أنه يعد الناتج الأول من عملية نقل مجموعة الأمينات إلى حامض الفاكيتوجلوتاريك طبقا للمعادلة الآتية :ـ

حامض الفا كيتوجلوتاريك + ^{15}N $\underset{\text{نقل الأمين}}{\overset{\text{إنزيم}}{\rightleftharpoons}}$ حامض جلوتاميك ^{15}N

ويتم تقدير كمية الإشعاع في حامض الجلوتاميك بوساطة أجهزة خاصة لقياس تركيز النتروجين ١٥ .

كما استخدم نظير الفوسفور٣٢ ونظير البوتاسيوم٤٢ في دراسة وظائف هذين العنصرين في النبات وكذلك في دراسة كيفية انتقال العناصر داخل أنسجة النبات .

الجدير بالذكر أن مختبرات علم وظائف الأعضاء (الفسيولوجيا) أو الكيمياء الحيوية لاتخلو من أجهزة استخدام العناصر المشعة لدراسة خطوات التمثيل الغذائي (Biosynthetic pathway) التي تتم داخل النبات أو الحيوان حيث يؤدي ذلك إلى معرفة المزيد من أسرار الحياة في النبات والحيوان وبالتالي كيفية تهيئة الظروف المثلى لإعطاء أحسن نمو وما يتبعه من تفوق في الإنتاج .

تمتاز النظائر المشعة بالإضافة إلى خصائصها الكيميائية والفيزيائية بقدرتها على إطلاق نوع أو أكثر من الإشعاعات ، وقد أمكن الإستفادة من هذه الظاهرة في مجالات عدة كالزراعة والطب والصناعة . وتتمثل التطبيقات الصناعية للإشعاع في أنها وسيلة لإنجاز الأعمال بصورة أفضل وأدق وأسرع وفي نفس الوقت بأقل تكلفة وأكثر بساطة فيما لو استخدمت التقنيات العادية . وفي هذا المقال نستعرض بإيجاز بعض من جوانب تطبيق الإشعاع والنظائر المشعة في الصناعة ، إذ لا تكاد تخلو أي صناعة من الصناعات الحديثة الآلية التشغيل وذات الطاقة الإنتاجية العالية من تطبيق أو أكثر لتقنيات الإشعاع ، كما سنتعرض إلى إيجابيات وسلبيات استخدام هذه التقنيات .

التطبيقات الصناعية للإشعاعات النووية

أ . سعود خلف الديحان



الصناعة وخصائص النظائر المشعة

تدور التطبيقات الصناعية حول الخصائص المميزة للإشعاع والنظائر المشعة والتي منها ما يلي :ـ

● قدرة الإشعاع على اختراق المواد مع فقدان نسبة منه أو من طاقته نتيجة تفاعله مع ذرات الوسط المادي في ظاهرة تسمى بالتوهين (attenuation) ، والتي تعتمد على طبيعة ذلك الوسط ونوع وطاقة الإشعاع ، وبالتالي فإنه من الممكن تحديد بعض خصائص الوسط نتيجة قدرته على التوهين، وتتميز الأجزاء ذات الكثافة العالية من المادة بأن توهينها للإشعاع المار من خلالها أشد وأكبر من الأجزاء الأقل كثافة .

● سهولة ودقة قياس الإشعاع ومن مسافات بعيدة دون الحاجة إلى ملامسة المجس أو الكاشف للمادة المشعة .

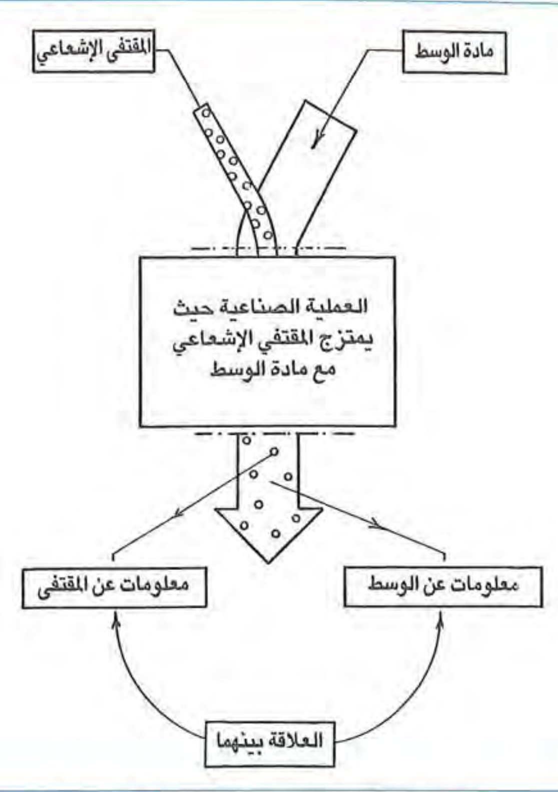
● النظير المشع له نفس الخصائص الكيميائية ويقترب في خصائصه الفيزيائية من النظير المستقر لنفس العنصر، وبالتالي فمن الممكن الحصول على خليط متجانس من النظائر المشعة والمستقرة للعنصر، ويمكن تتبع مسار العنصر أثناء العملية الصناعية بقياس الإشعاع الصادر من النظير المشع .

أنواع التطبيقات الصناعية

إن أي تطبيق للإشعاع أو النظائر المشعة في الصناعة يتضمن الإستفادة من أكثر من خاصية من الخصائص السابقة ، ويمكن تقسيم تطبيقات الإشعاع في الصناعة على أسس متنوعة ومختلفة ، فمثلا تقسم التطبيقات حسب حجم ودور الإشعاع والنظائر المشعة في العملية الصناعية إلى حقلين كبيرين هما :ـ

● **الحقل الأول** ، ويمثل ذلك الصناعات التي يدخل فيها تطبيق الإشعاع كعامل مساعد أو ثانوي في العملية الصناعية كاستخدام النظائر المشعة في عمليات القياس واقتفاء الأثر على طول خط الإنتاج للتأكد من ضبط الجودة وسلامة التشغيل ، ولا يعني مصطلح التطبيق الثانوي أو المساعد التقليل من أهميته خاصة أن إدخاله يعني توفيرا للجهد والمال والوقت .

● **الحقل الثاني** ، ويتمثل في الصناعات التي يدخل استخدام الإشعاع كعامل أساس في العملية الصناعية كإنتاج المواد المعقمة المستخدمة في الطب وإنتاج بعض المركبات البتروكيميائية ذات الخصائص المتفوقة بوساطة الربط التقاطعي للبوليمرات ، وتعتمد هذه الصناعات على خاصية قدرة الإشعاع على إحداث تغييرات في المادة المنتجة حيث يستخدم الإشعاع في قتل البكتيريا والكائنات الفطرية في المواد المراد تعقيمها في المثال الأول بينما يستخدم في المثال الثاني في



● شكل (١) طريقة عمل المقتفيات في الصناعة .

إحداث خصائص كيميائية أفضل لم تكن موجودة سابقا .

ومن التقسيمات الشائعة لاستخدامات الإشعاع والنظائر المشعة في الصناعة هو تقسيمها حسب وجود المادة المشعة داخل أو خارج مجرى الوسط المادي المنتج إلى قسمين رئيسين هما :ـ

● القسم الأول، ويسمى تقنيات الإستشفاف أو المقتفيات الإشعاعية ، حيث تحقن كميات بسيطة من المادة المشعة في مجرى العملية الصناعية .

● القسم الثاني، أوما يسمى بتقنيات المصادر المغلقة حيث يسلط الإشعاع على مجرى العملية الصناعية من مصادر مشعة خارجية دون أن يكون هناك تلامس مع المجرى .

المقتفيات الإشعاعية

يقوم مبدأ المقتفيات الإشعاعية على استخدام نظير مشع من نظائر العنصر المراد تتبع مساره في العملية الصناعية، ويجري حقن النظير بكميات قليلة جدا في بداية العملية ، ونظرا لقدرة الكواشف الإشعاعية على قياس الإشعاع فإنها تستخدم لتتبع النظير المشع والذي يحمل نفس الخصائص للعنصر داخل العملية الصناعية ، ويمكن الحصول على معلومات دقيقة وسريعة لما يجري داخل العملية الصناعية وتوفير صورة متكاملة للتوزيع المكاني والزماني للمادة . ويبين شكل (١) مخطط توضيحي لتقنية المقتفيات . ويستخدم في مجال المقتفيات النظائر المشعة التي تطلق إشعاعات جاما أو جسيمات ألفا أو جسيمات بيتا ، وتعد النظائر التي تطلق إشعاعات جاما الأكثر استخداما لقابليتها العالية على اختراق المواد وسهولة قياسها ، وتغطي تقنيات المقتفيات مجالات واسعة من الإستخدام في الصناعة نذكر من أهمها ما يلي :ـ

١ ـ الحصول على معلومات عن النظام المراد دراسته كتحديد سرعة السريان ومعدل التدفق للموائع ومعرفة زمن البقاء للمواد داخل النظام ، وفي هذا المجال يحقن النظير المشع في نقطة بداية النظام ويقاس في نقطة نهايته ، ومن خلال معرفة الزمن الذي يستغرقه النظير لقطع المسافة بين النقطتين يمكن تحديد الكثير من المعلومات في آن واحد ، ومن الأمثلة على ذلك تحديد معدلات انسياب النفط في الأنابيب أثناء نقله وانتقال الملوثات في المياه الجارية كالأنهار . ويمثل شكل (٢) طريقة تحديد معدل السريان .

٢ ـ تحديد كفاءة عملية المزج أو الخلط للمواد وتحديد كفاءة التشغيل للخلاط ، حيث أن عمليات الخلط في الصناعة تستلزم استهلاك كميات كبيرة من المواد الخام والوقود ، وما لم تتم عملية الخلط في ظروف ملائمة فإن ذلك يعني خسائر في المال والجهد والوقت . إن استخدام الطرق الإعتيادية في تحديد وقت المزج تكتنفه كثير من الأخطاء التي تنتج عن أمرين هما :ـ

● أن العينات المأخوذة من ناتج الخلط قد لا تمثل بقية أجزاء المخلوط .

● إن طرق القياس نفسها ليست دقيقة كما إن استخدام نظير مشع يمكن أن يحدد ظروف الخلط ويعطي صورة متكاملة عن مدى تجانس الخليط وذلك باستخدام كاشف يمرر على سطح الخلاط من الخارج، حيث تشير القراءات العالية للكاشف إلى مناطق تركيز عالية للعنصر وإلى عدم تجانس المخلوط . ومن الأمثلة على تطبيقات المقتفيات في هذا المجال صناعات الأسمنت والأدوية . ويوضح شكل (٣) تطبيق مثل هذه التقنية .

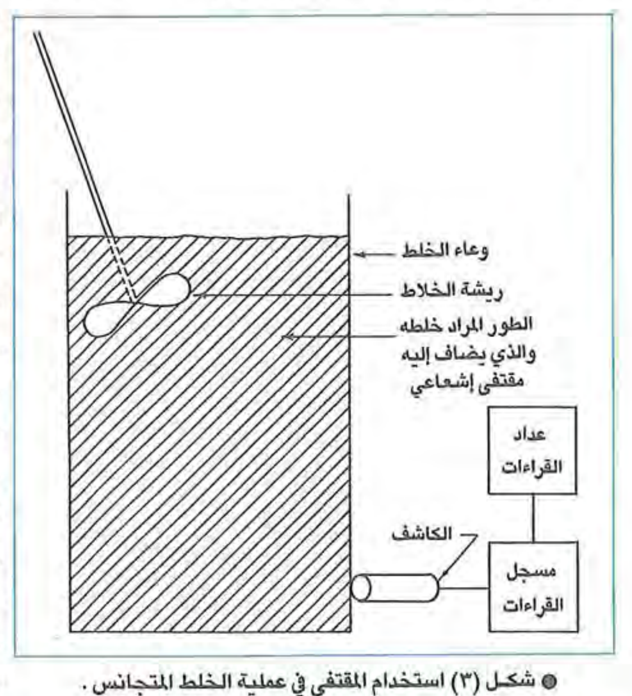
٣ ـ ومن مجالات استخدام تقنيات المقتفيات الإشعاعية أعمال الصيانة لخطوط الإنتاج كتحديد أماكن التسرب في الأنابيب أو تحديد مواقع انسداد أو ضيق مجرى المواد دون الحاجة إلى إيقاف عمليات التشغيل أو فتح الأنابيب ، فهي بالتالي وسيلة غير إتلافية . إن إيقاف التشغيل وإجراء أعمال الصيانة لبعض خطوط الإنتاج تستنزفان الكثير من موارد المنشأة الصناعية ، ويمكن تجنب ذلك باستخدام النظائر كمقتفيات لمواقع التسرب أو الإنسداد ، ومن الممكن فحص أنابيب النفط للتأكد من عدم وجود



● شكل (٢) قياس معدل الانسياب بطريقة اقتفاء الأثر .

تسريب خلالها بحقن نظير الصوديوم ٢٤ خلال الأنبوب المراد فحصه ، وفي حالة وجود أي ثقب فإن جزءا من المادة المشعة ينضح خارج الأنبوب فيسجل الكاشف قراءات أعلى في موقع التسرب ، ويشير أحد التقارير الصادرة من الوكالة الدولية للطاقة الذرية أنه تم فحص خط لأنابيب النفط الهندية طوله ١٤٠ كم في مدة ٦ أسابيع بدلا من ستة أشهر في حالة استخدام تقنيات أخرى ، وأمكن بذلك توفير أكثر من ٣٠٠ ألف دولار بالإضافة إلى نقل كميات من البترول تقدر بمليون ونصف طن مقابل تقليص مدة الإنجاز .

٤ ـ دراسة ميكانيكية الإحتكاك وتحديد صورة أدق لعملية التآكل من أجزاء المحركات والمكائن خاصة أثناء العمليات الأولية للتصنيع ، وتتطلب مثل هذه الدراسات توفير إمكانات مادية كما تستغرق وقتا طويلا ، ومن خلال تطبيقات المقتفيات أمكن الحصول على نتائج أكثر دقة بإمكانات أقل وفي وقت أقصر ، ومن التطبيقات لهذه الطريقة دراسة التآكل للسطوح الداخلية لاسطوانات محركات السيارات الخاضعة للتجربة قبل البدء بإنتاجها ، وتقدر تكاليف إجراء اختبارات التآكل في بطانة الأسطوانة الجديدة بحوالي ٣٦٠ ألف دولار أمريكي باستخدام الطرق العادية أمكن خفضها إلى ٤٩ ألف دولار باستخدام المقتفيات الإشعاعية ، وإذا علم أن عملية تطوير اسطوانة جديدة واحدة تستلزم إجراء سلسلة من التجارب على عدد من الأسطوانات يقارب العشر فإنه من الممكن خفض تكاليف التطوير بمقدار ٣ مليون دولار أمريكي ، وفي هذه التقنية يعرض الجزء المراد دراسته الى سيل من النيوترونات حتى يصبح مشعا بمقدار معين وأثناء حركته يمكن تتبع عملية التآكل عن طريق قياس النشاط الإشعاعي في زيوت المحركات .



● شكل (٣) استخدام المقتفى في عملية الخلط المتجانس .

● مزايا استخدام المقتفيات

إن من الصعب حصر تطبيقات تقنية المقتفيات في جميع الصناعات أو حتى ذكر مجموعة منها ، ولكنها لا تخرج في الغالب عن تلك المجالات الرئيسة المذكورة والتي تجد لها استخدامات متجددة في الصناعات عامة ، ومما سبق يمكن تحديد بعض من مميزات استخدام المقتفيات الإشعاعية وهي:ـ

١ـ أنها ذات خاصية غير قابلة للتداخل أو التشويش حيث أن كثيرا من المقتفيات التي تستخدم اللون أو عامل الإنعكاس أو غير ذلك من الظواهر الفيزيائية يشوبها كثير من الصعوبات نتيجة مساهمة الشوائب أو عوامل أخرى في الظواهر الفيزيائية .

٢ـ إن المقتفيات الإشعاعية ذات ثباتية واستقرارية متميزة عن غيرها من المقتفيات وليس لها حدود في العمل حيث أن كمية المقتفى الإشعاعي (النشاطية) تتناسب مع معدل العد، بينما بقية المقتفيات لها حدود دنيا وقصوى في القياسات .

٣ ـ إن المقتفيات الإشعاعية سهلة القياس وذات تقنيات بسيطة وغير مكلفة .

٤ ـ إنها ذات دقة قصوى لارتباطها بظاهرة الإنحلال الإشعاعي المتفوقة إحصائيا .

تقنيات المصادر المغلقة

تعني المصادر المغلقة استخدام مواد مشعة ذات نشاط إشعاعي أكبر ومحجوزة في أماكن مغلقة يجري فتحها أثناء الإستخدام لترسل إشعاعات مستمرة تخترق المادة المقصودة وتتفاعل معها إما لتغير خصائصها أو الإستفادة من ظاهرتي توهين الوسط للإشعاعات أو عكسه لمعرفة خصائص وصفات ذلك الوسط . إن كثيرا من تطبيقات المصادر المغلقة خاصة تلك التي تهدف إلى الحصول على معلومات عن العملية الصناعية أو صيانة أجزائها هي متشابهة الى حد بعيد مع تلك التطبيقات الخاصة بالمقتفيات الإشعاعية . وتتميز تقنيات المصادر المغلقة بما يلي :ـ

● أنها تستخدم في الحالات التي لا يمكن فيها استخدام المقتفيات الإشعاعية إما لعدم وجود مواقع لحقن المقتفيات وإما لعدم وجود مقتفى مناسب .

● أنها تقنية أكثر بساطة حيث تستلزم وجود المصدر المشع وكاشف إشعاعي فقط، ولا تستلزم إجراء تحضير مسبق للتطبيق كما تستدعيه تقنية المقتفيات ، وبالتالي فهي أسرع وأكثر ملائمة للتطبيقات الحقلية والآلية السريعة .

● أنها دائما تجري في ظروف أكثر احكاما من حيث عدم حدوث تلوث إشعاعي وليس هناك ملامسة بين المادة المشعة والوسط ، كما أنه لا توجد مخلفات إشعاعية من جراء التطبيق .

ومن الجانب الآخر فإن المصادر المغلقة تستلزم وجود إجراءات للسلامة أشد وأكثر صرامة حيث التعامل في هذه الحالة يكون مع مواد إشعاعية عالية الشدة وذات أنصاف أعمار طويلة ، ويستلزم الأمر التخلص منها عند نهاية استخدامها .

وهناك العديد من المجالات التطبيقية لتقنية المصادر المغلقة التي يمكن حصرها في المجالات التالية :ـ

١ ـ مجالات القياس

وهي شبيهة إلى حد ما بمجالات المقتفيات الإشعاعية ، إلا أنها عملية وسريعة خاصة بعد التطور الهائل للإلكترونيات وأجهزة اكتساب ونقل المعلومات ، حيث وجدت أجهزة القياس باستخدام المصادر المغلقة تطبيقات واسعة في الصناعات الآلية والكبيرة الإنتاج كالصناعات المعدنية والبتروكيميائية وصناعة الورق والأسمنت وغيرها .

ويقوم مبدأ تقنيات القياس على ظاهرة التوهين أو التشتت وبالتالي تحديد دقيق للمعلومات المطلوبة كمعرفة السماكة والكثافة وتحديد بعض المواد التي يتأثر بها الإشعاع كثيرا كالمركبات الهيدروجينية لشعاع النيوترونات والتي تستخدم في السيطرة على كمية الرماد والرطوبة في صناعة الفحم الحجري .

من الإستخدامات الحديثة في هذه الصناعة استخدام مصادر مشعةلها قدرة على اثارة ذرات المادة وإطلاق أشعة سينية يتم قياسها بكشاف مناسب متصل بمحلل طيفي يمكن من معرفة عناصر التحليل أثناء سير العملية الإنتاجية ، وتقدر تكلفة مثل هذه التقنية بحوالي ٢٠٠ ألف دولار يمكن استردادها في غضون فترة وجيزة من عمر المصنع لما توفره من أجهزة تحليل كيميائية وفيزيائية ومواد وجهد بشري .

ويمكن تطبيق تقنيات القياس باستخدام المصادر المغلقة في مجالات يصعب إمكان استخدام طرق وتقنيات أخرى فيها ، ومن الأمثلة على ذلك قياس المستوى في داخل خزانات أو صوامع في ظروف قاسية من الحرارة والضغط ووجود مواد سامة أو محدثة للتآكل حيث يركب مصدر إشعاعي مغلق وكاشف باتجاهين متقابلين على جهتي الخزان ويتم تحريكهما على طول الخزان ، وعندما يملأ الخزان بالمادة المراد قياس مستواها فإن جزءا من الإشعاع يمتص أو يعكس ولا يحس به الكاشف الذي يعطي قراءات أكبر في الأجزاء غير المملوءة ، ومن التطبيقات على ذلك التأكد من مستويات المادة المحفزة ومراقبتها في أعمدة التجزئة في المصافي ، وتستخدم تقنيات القياس أيضا في أعمال الصيانة لتحديد مناطق الإنسداد أو ضيق المجرى في العملية الصناعية .

٢ ـ التصوير الإشعاعي

وهو من أقدم وأوسع المجالات المستخدمة في الصناعة وله استخدامات واسعة في مشاريع المصافي والبتروكيمائيات لتحديد كفاءة عمليات وصل ولحم الأنابيب والمصبوبات ومدى ترابط الأجزاء بعضها ببعض في المحركات النفاثة وفي أعمال السيراميك ، ويماثل التصوير الإشعاعي من حيث المبدأ التصوير المستخدم للكشف عن الكسور في العظام ، حيث تطلق إشعاعات جاما أو الإشعاعات السينية أو سيل من النيوترونات على القطعة المعدنية أو المادة المراد فحصها ليتم استقبال الإشعاع النافذ من الجهة الأخرى على فيلم ذي حساسية للإشعاع بحيث يتحول لونه الى السواد الداكن بعد معالجته . إن الإشعاع المنبعث من المصدر تكون نفاذيته متفاوتة حسب سماكة الأجزاء المختلفة في القطعة . وتمثل المناطق السوداء والداكنة من الفيلم مناطق تعرض للإشعاع أكثر من غيرها حيث أنها مرت بمناطق ذات سماكة أقل مما سواها ، ومن التطبيقات الرئيسة في هذا المجال فحص دقة لحام وربط أنابيب نقل الغاز والنفط إذ قد يرافق عمليات ربط الأنابيب الضخمة أنواع مختلفة من العيوب مثل تكون فجوات غازية أو دخول مواد تختلف عن مادة اللحام المحيطة بها والتي يصعب الكشف عنها أثناء عملية اللحام ، ويمكن الكشف عن هذه العيوب بدفع عربة صغيرة يثبت عليها مصدر جاما داخل الأنابيب ويتم توجيه المصدر الإشعاعي حال وصوله إلى منطقة اللحام التي تكون مغطاة بالفيلم الحساس من الخارج ليعطي صورة دقيقة عن مدى تماسك طرفي الوصلة . وقد طغى استخدام التصوير الإشعاعي بأشعة جاما على استخدام أجهزة توليد الأشعة السينية وذلك لسهولة استخدامها وصغر حجمها وعدم الحاجة الى تيار كهربائي ، وهناك عدد من مصادر أشعة جاما يمكن استخدامها في عمليات التصوير الإشعاعي وذلك حسب الطاقات التي تنطلق بها إشعاعات جاما لتوافق مدى سماكة المعادن . ويوضح الجدول (١) أنواعا من المصادر المشعة المستخدمة في عمليات التصوير الإشعاعي مع ذكر طاقة الإشعاع ومدى السماكة التي يمكن قياسها من الحديد .

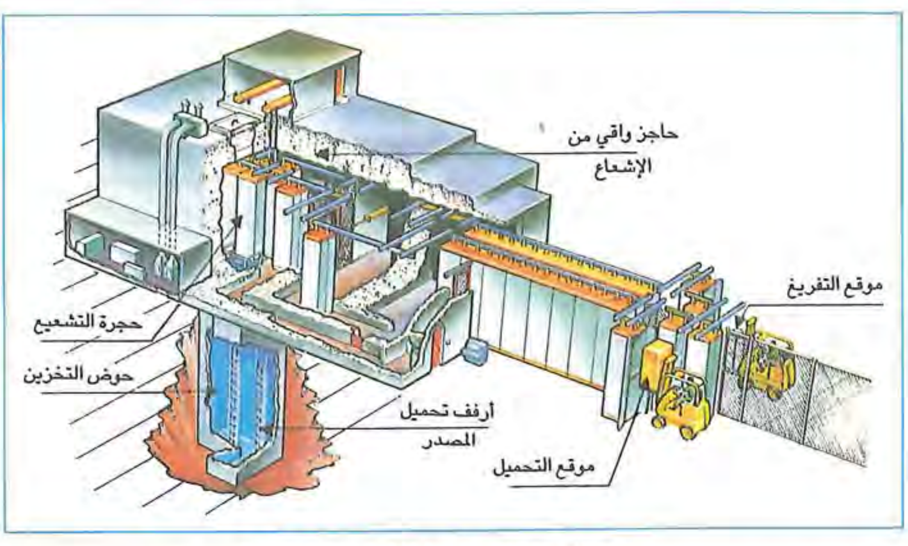
المادة المشعة	طاقة جاما (م.إ.ف)	سماكة الحديد (ملم)
كوبلت ٦٠	عالية (١,١٧ و ١,٣٣)	١٥٠ ـ ٥٠
سيزيوم ١٣٧	عالية (٦٦٢,)	١٠٠ ـ ٥٠
أريديوم ١٩٢	متوسطة (٤,)	٧٠ ـ ١٠
يتربيوم ١٦٩	منخفضة (٠٠٨,ـ٣١,)	١٥ ـ ٢,٥
ثوليوم ١٧٠	منخفضة (٠٨,)	١٢,٥ ـ ٢,٥

جدول (١)
مصادر إشعاعات جاما المستخدمة في التصوير الإشعاعي

وعندما تكون المواد المراد فحصها حساسة للنيوترونات أكثر من إشعاعات جاما خاصة المواد الهيدروجينية والكربونية كمواد البلاستيك والمطاط أو تلك المواد التي تأسر النيوترونات كالكادميوم والبورون فإن التصوير الإشعاعي بالنيوترونات يصبح أمرا مفضلا ، وتتكون مصادر النيوترونات من عنصري الانتيمون والبريليوم حيث تقوم أشعة جاما المنبعثة من الانتيمون ١٢٤ بإحداث تفاعل مع البريليوم ٩ ليصدر نيوترون . ويستخدم التصوير النيوتروني في فحص قضبان الوقود النووي ، وفي اكتشاف الصدوع والشقوق في توربينات الغاز ، وفي تحديد التآكل في أجزاء الطائرات إلى غير ذلك من الإستخدامات .

٣ ـ التصنيع الإشعاعي

يقوم مبدأ تقنيات التصنيع الإشعاعي باستخدام المصادر المغلقة على قدرة الإشعاع على إحداث صفات مطلوبة في المادة المتعرضة، حيث تستخدم مصادر مشعة ذات نشاط إشعاعي كبير جدا أو سيل من الإلكترونات الكثيفة والمولدة صناعيا . وهناك العديد من التطبيقات لهذه التقنية منها مصانع التعقيم للمواد الطبية ومصانع إنتاج أنواع محسنة من الألياف وتركيب المواد الكيميائية ، وكذلك معاملة الخشب بالبلاستيك ، ويدخل التصنيع الإشعاعي كذلك في عمليات معالجة النفايات للتقليل من أخطارها على البيئة إلى غير ذلك من المجالات



● شكل (٤) معمل جاما لتعقيم المواد الطبية.

والتي تـزداد وتتوسـع مـع الوقت . وسـوف نتطـرق بـإيجاز إلى تطبيقين لعل ذلك يبين أهمية تقنية الإشعاع في التصنيع .

(أ) التعقيم بالإشعاع

إن للإشعـاع القدرة على تـدمير الخلايا الحيـة بسبب مـا يحدثـه من تغيرات في تـركيبهـا ، ومن الممكن الإستفادة من هذه الخاصية في قتل الكـائنات الدقيقـة المسببة لـلأمـراض كـالبكتيريـا والفيروسـات والطفيليـات في المواد الطبية والتي يستلـزم تعقيمهـا قبل استخدامهـا كالحقن وخيـوط الجراحـة ، ونظـرا لكفـاءة ورخص تقنيـة الإشعاع في التعقيم خاصـة في المصانع ذات الطاقـة الإنتاجيـة العاليـة فقد أخـذت تحل محل الطـرق الإعتيـاديـة في التعقيـم كالتعقيـم بالتسخـين والتبخـير واستخـدام المـواد الكيميـائية ، وتتلخص الطريقة في وجود مصـدر مشع (السيزيوم ١٣٧ أو الكوبلت ٦٠) ذي نشـاط إشعاعي كبير (مئـات الآلاف من الكيـوري) في قـاع حوض عميق من الميـاه ، وتدخل المواد المراد تعقيمها بوساطة حزام دوار إلى الغرفة التي بـداخلها الحوض ويتم إخـراج المصـدر من الحوض ليتم تعـريض المواد لـلإشعـاع بطريقة تضمن وصولـه إلى جميع أجزائها ، إن فائدة حوض المياه هو امتصاص الإشعاع والحرارة النـاتجة لمنـع تسربهما خارج الحـوض أثنـاء التوقـف عـن التشغيل . ونظـرا للـنشـاط الإشعـاعـي الكبـير للمصـدر وخطـورتـه على البشر فإن ذلك يستلزم وجـود إجراءات صـارمة للسـلامة لتجنب أي حوادث ، ويقوم مصنـع الشفاء بالمنطقـة الشرقية بتعقيـم الحـقـن باستخـدام تقنية الإشعـاع ، وهو بـذلك يغطي حـاجـة مستشفيـات المملكـة والـدول المجـاورة . ومن الممكن استخدام التقنية ذاتها في خفض البكتيريـا الموجودة في رواسب ميـاه المجاري الصلبـة بنسبة ٩٠٪ واستعمالها بعـد ذلك كسماد ، ويمثل شكل (٤) مخطط لـوحـدة تعقيم للمواد الطبية .

(ب) معالجة البوليمرات

هناك العـديد من المركبات العضـوية والتي يـؤدي تعـرضهـا لـلإشعـاع إلى إكسـابها صفـات أفضل ، ومـن تلك المركبـات البـوليمـرات مثل البـولي اثيلين والبـولي فنـايل كلـوريـد والتي تكتسب مقاومـة إكبر للحرارة وللتـآكل الكيميائي وتكـون اكثـر صـلابـة . تتكـون المادة الأصليـة من هذه المركبـات من سـلاسل طويلة ومتوازيـة من الجزيئات ، ويساعد الإشعـاع على ربطهـا عـرضيـا في عمليـة تسمى بالربـط العرضي أو المقطعي . وقد أثبتت الدراسات الإقتصادية أن استخدام الإشعـاع في صنـاعـة الكـوابل العـازلـة والمصنوعـة مـن مـادة البـولي اثيلين في اليابان بالإضافـة إلى جودتـه فإنه أقـل تكلفة ، حيث تكلـف إنتاج المتر الواحد من المـادة العازلـة ٢,٦ دولارا مقارنـة بـ ٣,١٤ دولار بـاستخـدام الطـرق الكيميائية.

مساويء تقنيـات الإشعـاع

وضـح فـيما سـبق أن لتقـنيات الإشعاع والنظائر المشعة في الصناعة مـزايا متفوقة منها بساطتها ودقتها في آن واحد وقلة تكلفتها مقارنة بالطرق الأخـرى ، ولكن ذلك لا يعني خلوها من المسـاويء والعيوب ، ومن أكبر القضـايـا التي تواجه إدخال تقنيـات الإشعاع الإحساس الذي يسود الـرأي العام بأخطار الإشعـاع على البيئة والإنسان وهـذا له ما يبرره . ويظهـر الخطر في عدة مـراحل منها أثناء نقل المادة المشعـة وأثناء استخـدامهـا وأثناء التخلص منهـا كفضـلات مشعـة . وللتخلص مـن تلك المسـاويء يجب تضافر الجهود من جهـات عدة وإدخال تقنيات جديـدة وقائيـة للحرص الشـديد على الصحـة العـامة والـوقـاية مـن مخاطر الإشعـاع سريع الإنتشار الذي لا يعرف الحدود البيئية . ويمكن تقليل مخاطـر الإشعـاع إلى حـد كبير بتـوعيـة الجمهـور عـامـة والعـاملين في المنشـآت التي يستخدم فيها الإشعاع بوجـه خاص، وباختيار كفـاءات مؤهلـة في مجالات الإشعاع كمسـؤولي وقاية إشعاعية .

مستقبـل تقنيات الإشعـاع

هنـاك عاملان رئيسان يؤثران في تحديد مستقبل تقنيـات الإشعـاع والنظائر المشعـة في الصنـاعة ، وهما الفـوائد والميزات التي يجنيهـا المستثمـرون والعاملـون في الصنـاعة من هـذه التقنيات والمخاطر التي تصاحبها . إلا أنه نتيجة لارتفـاع مستوى الـوعي بـالإشعاع ومخاطـره وتطور أنظمة الأمان ووسائله فإن عامل الخطر لم يعد حاسما في مقابل النتائج المستفاد منها في تقنيات الإشعاع ، وهذا ما يفسر التوسع المستمر في استخـدام تقنيـات الإشعـاع لتشمل مجالات متعددة ومتجددة ، ومما يساعد على هذا التوسع ارتباط كثير مـن التقنيات ومن ضمنهـا تقنيات الإشعـاع بتطور تقنيـات الإلكترونيات وأجهـزة اكتساب المعلـومات ، ولو نظـرنا إلى الصنـاعات السعوديـة لوجـدنا أن هنـاك توسعـا متزايـدا لتقنيـات الإشعـاع خاصـة في مشـاريع إنتـاج البتروكيميائيات وأعمال المصـافي . وبدون شك لابد ان يصاحب ذلك وعي وحس بوسائل الأمان والسلامة في تلك التطبيقات .

مصطلحات علمية

● عامل الإمتصاص Absorptance

النسبة بين الإشعاع الكلي الممتص والإشعاع الكلي الساقط .

● منحنى الإمتصاص

Absorption curve

العلاقة البيانية بين سمك المادة الماصة وشدة الإشعاع النافذ منها .

● مصدر إشعاعي للجسم

Body radiographer

جهاز يعطي معلومات وصفية رسمية عن الأجزاء المريضة من جسم الإنسان .

● مفاعل غازي التبريد

Gas cooled Reactor

نوع من المفاعلات تستخدم الغازات في تبريدها بدلا من الماء أو الماء الثقيل .

● مفاعل جرافيتي

Graphite reactor

مفاعل يستخدم الجرافيت لتهدئة النيوترونات بدلا من الماء العادي أو الماء الثقيل .

● مفاعل الماء الخفيف

Light water reactor

مفاعل يستخدم الماء العادي في عمليات التبريد وتهدئة النيوترونات .

● حادث فقدان المبرد

Loss of coolant accident

حادث في قلب المفاعل ينتج عن فقدان المادة المبردة ويعد من أسوأ الحوادث .

● كتلة حرجة دنيا

Minimum critical mass

أدنى قيمة لكتلة مادة انشطارية يحدث فيها تفاعل انشطاري متسلسل متواصل فيؤدي إلى انفجارها .

● مفاعل متعدد الأغراض

Multipurpose reactor

مفاعل يستخدم لأغراض عدة مثل الأبحاث وإنتاج النظائر المشعة وغير ذلك .

● تكاثر نيوتروني

Neutron multiplication

تولد نيوترونات جديدة بفعل النيوترونات المحدثة للإنشطار .

● تصوير نيوتروني

Neutron Radiography

الكشف عن العيوب الصناعية باستخدام نيوترونات لها قدرة كبيرة على اختراق المواد .

● انشطار نووي Nuclear fission

انقسام نواة ثقيلة إلى نواتين - أحيانا إلى أكثر — متقاربتين في الكتلة ، وغالبا ما يرافق الإنشطار انطلاق نيوترونات وإشعاعات جاما .

● فيض الجسيمات Particle flux

عدد الجسيمات التي تعبر مساحة معينة في الثانية .

● انشطار فوتوني Photo fission

انشطار نوى النظائر الثقيلة عند قذفها بفوتونات جاما .

● أشعة كونية ابتدائية

Primary cosmic rays

جسيمات ثقيلة ونوى ذرات - معظمها هيدروجين — تأتي من الفضاء الخارجي (الكون) بسرعات عالية تكاد تقترب من سرعة الضوء وترتطم بالغلاف الجوي للأرض فتتفاعل معه .

● إتزان إشعاعي

Radioactive equilibrium

حالة اتزان السلاسل الإشعاعية عندما يكون معدل اضمحلال أي عنصر فيها مساويا لمعدل تكونه .

● محاكي المفاعل

Reactor simulator

معمل مصغر أو أجهزة تعمل بمجموعها كعمل المفاعل النووي - أي تمثيل مصغر للمفاعل النووي - وعادة تستخدم فيه برامج الحاسب الآلي للتحكم في العمليات المماثلة للعمليات التي تحدث في المفاعل النووي الحقيقي .

● نفايات صلبة مشعة

Solid radio active waste

مخلفات مشعة صلبة ، وهي إحدى الحالات الثلاث للنفايات المشعة (الغازية ، السائلة ، الصلبة) ، وهي عبارة عن خليط من المواد المشعة والمواد غير المشعة التي تلوثت بالمواد المشعة .

● مفاعل حراري

Thermal reactor

مفاعل تستحث فيه عملية الإنشطار عن طريق النيوترونات الحرارية بالدرجة الأولى .



من أجل فلذات أكبادنا

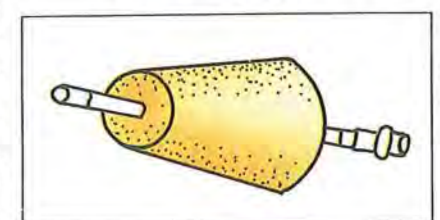


● شكل (٤) .

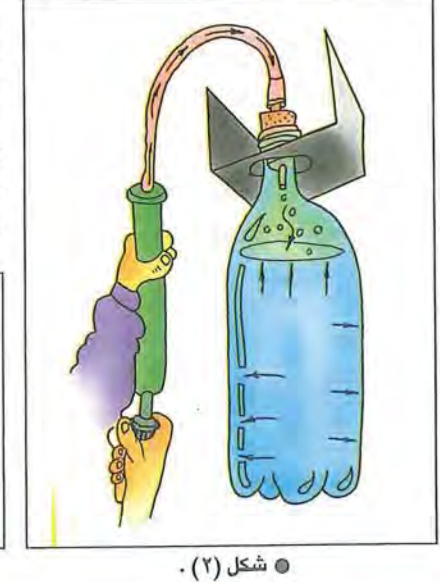
الصاروخ المائي

فلذات أكبادنا الأعزاء

يعد عمر الصواريخ عموما حديث جدا رغم قدم القاعدة العلمية التي تشرح كيفية عمله. فالصواريخ تحرق الوقود في غرفة تشبه القنينة لها عنق يتجه إلى الأسفل، يولد الوقود المحترق كمية كبيرة من الغازات التي تتمدد بالحرارة فتندفع بسرعة شديدة (إلى الأسفل) من خلال عنق القنينة مؤدية إلى دفع الصاروخ بالإتجاه المعاكس. وقد فسر قانون نيوتن الأول هذه الظاهرة كما يلي: «إذا كان هناك قوة تدفع في اتجاه ما فإن هناك قوة مساوية لها تدفع في الإتجاه المعاكس» .



● شكل (١) .



● شكل (٢) .

الزاوية بالدرجة	٠	١٠	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠
الارتفاع بالمتر	٠	٤	٩	١٤	٢١	٣٠	٤٣	٦٩	١٤٢

أدوات التجربة

١ ـ قنينة بلاستيك كبيرة .

٢ ـ سدادة مطاطية تسد عنق القنينة بإحكام.

٣ ـ منفاخ عجلات دراجة .

٤ ـ إبرة نفخ كالتي تستخدم في نفخ كرة السلة .

خطوات العمل

١ ـ إخرق السدادة المطاطية وأدخل فيها إبرة النفخ شكل (١) .

٢ ـ صل الإبرة بمنفاخ الدراجة .

٣ ـ إملأ القنينة إلى ربعها بالماء .

٤ ـ اقفل القنينة بالسدادة وإبرة النفخ بإحكام وثبتها كما هو موضح بالشكل (٢) .

٥ ـ ضخ الهواء داخل القنينة حتى يدفع ضغط الهواء داخل القنينة السدادة المطاطية إلى الخارج فيندفع الماء إلى الأسفل مؤديا إلى اندفاع القنينة إلى الأعلى . كلما إندفع الماء خارج القنينة فإن وزنها يصبح أخف،مما يؤدي إلى زيادة تسارعها .

قياس الإرتفاع

يمكن قياس ارتفاع الصاروخ بعمل قطعة كرتون على شكل ربع دائرة وتقسيم قوسها الدائري من صفر إلى ٩٠ ، شكل (٣) ، وتثبيتها بشكل رأسي على حامل ، شكل (٤).

● ينظر المراقب (وهو شخص آخر) على مسافة ٢٥ مترا من مكان الإطلاق إلى تحرك الصاروخ أسفل المربع الدائري ، شكل (٥) .

● يتابع المراقب ارتفاع الصاروخ بإصبعه (السبابه) على طول القوس إلى أن يصل إلى أقصى ارتفاع .

● إقرأ الزاوية التي توقف عندها إصبع المراقب.

● إستخدم الجدول أعلاه لمعرفة ارتفاع الصاروخ .

تجارب أخرى

١ ـ هل تؤثر كمية الماء في القنينة على ارتفاع الصاروخ ؟

صمم تجربة لإثبات ذلك، استخدم الطريقة السابقة لقياس الإرتفاع ، استخدم خطوات التجربة السابقة لتساعدك .

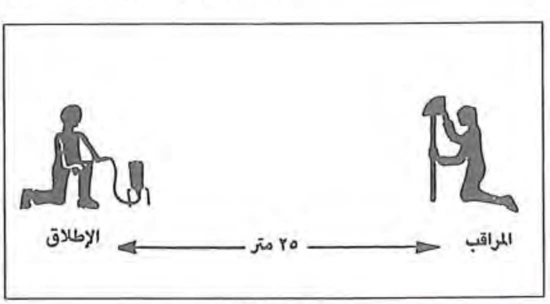
٢ ـ صمم بعض الزعانف لقنينة الصاروخ ، هل هذا سيحسن من طيران الصاروخ ؟ إذا كان كذلك فكيف؟

فلذات أكبادنا الأعزاء ... نرجوا إجراء النشاطين الأخيرين وتزويدنا بالنتائج التي حصلتم عليها ، وسننشر بإذن الله في العدد المقبل خلاصة لما وجدتم حول هذا الموضوع .

المصدر :ـ Education International Science Vol. 3 No . : 1 March 199 .

صفر ٩٠°

● شكل (٣) .



● شكل (٥) .

كتب صدرت حديثاً

الوقاية من الإشعاع المؤين

هـذا الكتاب من تأليف الدكتور **محمد أحمد جمعـة** وهـو إحدى إصـدارات دار الراتب الجامعية ببيروت لعام ١٩٩٠م.

يبدأ الكتاب بمقدمة عن الإشعاع ما هي خطورته وكيفية الوقاية منه . بعدها يتناول الوقايـة بصفة عامة وتصنيفـاتها المختلفة التي يأتي موضوع الكتاب كفرع منها .

يتكون الكتاب من خمسة أبواب تتناول بـالترتيب الموضوعـات التالية:ـ الإشعـاع، دوزميتري الإشعـاع ، التعـرضـات الإشعـاعية، أسس الـوقـاية من الإشعـاع، الدروع الواقية.

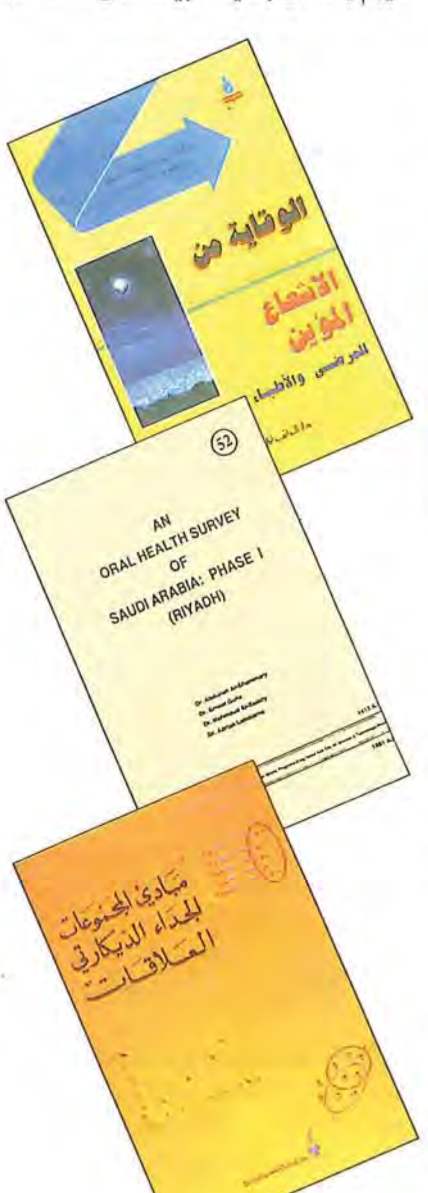
تبلغ عدد صفحات الكتاب ١١٢ صفحة من الحجم المتوسط .

An Oral Healh Survey of Saudi Arabia : Phase 1 (Riyadh)

صـدرت هذه المطبوعة باللغة الإنجليزيـة عام ١٤١٢هـ ١٩٩١م عن الإدارةالعامـة لبرامج المنح **بمدينـة الملك عبد العـزيز للعلـوم والتقنية** ، وهـي عبـارة عن نتائج المرحلـة الأولى لدراسـة متعـددة المراحل حـول أمـراض الفم في المملكة العـربية السعـودية تم دعمهـا من قبل المدينـة . أشرف على البحث الذي بـدأ عام ١٤٠٦هـ وأكمل عام ١٤٠٩هـ فريق مـن الباحثـين وكـان البـاحث الرئيـس **د. عبد الله ركيب على الشمري** .

تشتمل المطبـوعـة على ثمانيـة عشر فصـلاً تتنـاول منهـاج البحث وأهـدافـه ونتائجه والتوصيات الصادرة عنه . تشير نتـائج البحـث إلى أن ظـاهـرة تسـوس الأسنـان في أطفـال المدارس تبلغ حـوالي ٨٨٪ عند الأطفال في سـن السادسة ، كما تشير إلى أن ٧٧٪ من الأطفـال الـذين تم فحصـهم للكشف عـن نـزيف اللثـة لا يعـانون من تلـك الحالة . تنـاول البحث أيضاً عـدم إنتظام الأسنـان عند الأطفـال فأوضـح أن ٧٥٪ من الأطفـال في سن السادسة ليست لديهم تلك الحالة ، أما من هم في سن التـاسعـة فهنـاك ٦٠٪ منهم ليست لـديهم تلـك الحالـة ، و٢٠٪ منهم لديهم إختلال بسيط ، بينما لدى الـ ٢٠٪ الآخـرين إختلال شـديد . وقـد أوضحت الدراسة أن تسوس الأسنـان ومرض اللثة يشكـلان مشكلـة عند البـالغين لابـد من التصدي لها بالعلاج وبـاستعمال خدمات الـرعـايـة الصحيـة المتقـدمـة والتثقيف الصحي . ورغم أهميـة زيـادة بـرامج التثقيف الصحي، فقد أشارت الدراسة إلى أن ٧٥٪ من المشاركين في الاستبيان قاموا بـزيـارة طبيب الأسنان مـرة واحـدة على الأقل في حيـاتهم ، و٢٥٪ منهم لم يسبق لهم الزيارة أبداً، إضافة إلى أن حوالي ٩٠٪ اعتادوا نظافة أسنـانهم ، مما يعكس وعياً صحياً في هذا المجال .

يبلغ عـدد صفحـات المطبـوعـة ١٥٠ صفحة من الحجم المتـوسط كما توجـد به جداول وعدة أشكال توضيحية .



مبـادىء المجموعـات ، الجـداء الديكارتـي ، العلاقـات

مـؤلف هذا الكتاب هو الدكتور **محمد شفيق الكناني** ، والكتاب صادر عام ١٩٩٢ عن دار البردى للنشر والتوزيع ـ الرياض .

يتكون الكتـاب من ثلاثة فصـول ، وقد حاز أولها (مبادىء المجموعات) على أكثر من نصف الكتاب ، وقد قسم هذا الفصل إلى عدة أقسام هي : المجموعات المتساوية ، المجموعة الجزئية ، المجموعات الجزئية من مجموعة ، المجمـوعة الشـاملـة . تقـاطع المجموعـات ، اتحاد المجمـوعـات ، التتميم ، الفـرق بين مجموعتين .

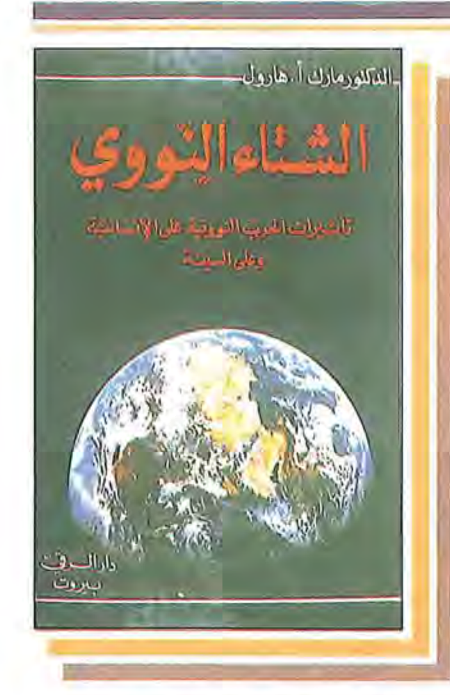
في الفصل الثـاني تـم تعـريف الجداء الديكـارتي والتعرض لتمثيله وخواصـه، أما الفصل االثالث والأخير فيشرح معنى العلاقة ومفهومها وتمثيل العلاقات .

الكتـاب مـزود بتمارين محلـولـة وغير محلولـة وتمارين عامة مع أجـوبة للتمارين غير المحلولـة والعامـة . تبلغ عـدد صفحات الكتاب ١٦٠ من الحجم المتوسط .



الشتـاء النـــووي

عرض : خالد عبد العزيز العيسى الحصان



تناول هـذا الكتاب واحـدا من أهم الموضوعـات التي تشغل العـالـم خاصـة إبان فترة الحرب البـاردة . حيث تطـرق إلى وصف مـوثـوق بـه لعـواقب الحرب النـوويـة وانعكاسـاتها على الجنس البشري وعلى البيئـة ، وتعرض لظـاهرة الشتـاء النووي الناجمة عن ذلك .

ويقدم المؤلف الـذي بنى عمله على مشاهـد واقعية (سيناريوهـات) ، خصائص جـديدة لعـواقب حـرب كهذه وتأثيرهـا على العـالـم ، كما يقدم تحاليل مفصلـة لأهم التأثيرات النـاتجة عن تـدني الحرارة والضوء وعن الإشعـاع وتـزايـد الأشعة فـوق البنفسجية إضافة إلى العديد من الأضرار البيئية الأخرى .

قام بتأليــف هذا الكتاب الـدكتور مـــارك ا . **هارول**، وهو المدير المشارك وكبير الباحثين في مركز أبحـاث النظم البيئية بجـامعـة كـورنل في الولايـات المتحدة الأمريكية وساهم فيه نخبة من المتخصصين. نال المؤلـف شهادة الدكتـوراه في التحاليـل البيئية ، بصفة زميل في المؤسسة الوطنية للعلوم ، وكان المدير المساعـد في برنـامج الحكـومة الفـدرالية الأمـريكية لتقـويم التخلص والإفادة من النفـايات ، كما خـدم كضابط للسلاح النووي في بحـرية الولايات المتحدة الأمريكيـة ، ويقود المؤلف حاليـاً التحاليل الـزراعية والبيئية لحساب مشروع مجلـس الإتحادات الدولية حـول التأثيرات البيئية للحـرب النـووية . صـدرت الطبعـة الأولى بـاللغـة الإنجليزيـة عـام ١٤٠٤هــ (١٩٨٤م) وقام بترجمتـه إلى اللغة العربيـة الأستاذ **عبد الله حيدر** في عام ١٤٠٦هـ (١٩٨٦م) .قام بنشر الكتاب دار الرقي ببيروت وهـو يقع في ٢٨٨ صفحة من الحجم المتوسط ويحتوي على ستة فصول .

بدأ الكتاب بتمهيـد للسيد **راسل و . بترســون** رئيس مـؤسسة أودوبـون الوطنيـة ورئيس مجلس إدارة مركـز تأثيرات الحرب النوويـة حيث أشار إلى قلة الأبحـاث العلمية المتعلقة بتقديـر الأضرار البيئية لحرب نووية بالحجم الذي يمكن أن تفجره الترسانة النوويـة التي يملكها العـالـم في هذه الأيـام . إذ تبلغ الترسانـة الحالية في العالم ما يـزيد على أربعين الف سلاح نـووي تعادل قـوة تفجيرها نحـوا من خمسة عشر الف ميجا طن من مادة TNT ، مقارنة بـ ١٣ إلى ٢٠ ألف طن لقنبلتـي هيروشيما ونــاجــازاكي الإنشطاريتين ، وأكـد على ضرورة لفت أنظـار العالم نحو ظاهرة الشتاء النووي والتي تنجم من استخدام الأسلحة النـووية والتي دلـت عليها الدراسـات التي أجريت في هذا المضمار . لهذا فإن هذا الكتاب وأمثاله يعد وسيلـة هامة تعزز محاولات نشر معلـومات عن الشتــاء النـووي للجمهــور ولفت أنظـار القــادة السيـاسيين إلى ذلك وتشجيعـاً لمزيـد من الأبحـاث العلمية في هذا المجال .

أشار المؤلف في مقـدمة كتابه إلى أهميـة التركيز على دراسة الآثار غير المباشرة والبعيدة المدى للحرب النوويـة خلاف الدراسـات السابقـة التي ركزت على النتائج الفورية للتفجيرات النووية ، ويهدف من ذلك إلى تقديـم نظرة اكثر شمـولا لما سيكون عليـه وضع العالم بـالنسبة للنـاجين من الخطر الفـوري للحرب النووية ، وأوضح المؤلف النهـج المتبع في هذا الكتاب باعتماده على إخـراج تصوري (سينـاريو) وتحليل النتائج ، وتنـاول حرب نوويـة افتراضية بـالوصف والتحـديد ثم التفحص النسقي بـالتحليل لآثار هـذا السيناريـو مع التشديـد بشكل خاص على الحروب النوويـة الموسعة ، أي التي تفجـر ما يكفـي لانتشار التأثيرات . إذ أنـه مع تـزايد عـدد التفجيرات تتراكم نتـائجهـا الفـرديـة بحيث تحدث تأثيرات جـديـدة مختلفة نـوعيا . وينتشر انعكـاس هذه التأثيرات على البيئـة والنظم التي تسهم في الإبقـاء على الحضـارة الإنسانية ، ويمثل السيناريو المطروح في هذا الكتاب نمطـا معقـولا لحرب نوويـة كبرى ، إذ تم اختيـاره كمقيـاس اساسي لتبـادل تفجيرات تعـادل ٥,٠٠٠ ميجـاطن من الـرؤوس النــوويـة في معظم الـدول الصناعيـة ، وهو مـا يمثل محاولة كل مـن الفريقين إيقاع أقصى الضرر بالأهداف العسكرية والصناعية والمدنية .

يعد **الفصل الأول** مدخـلا لهـذا الكـتاب إذ تطــرق المؤلف إلى التطـور العلمي والتقني خــلال العقود القليلـة الأخيرة والذي بلغ ذروتـه في المجالات العسكرية ، فالعالم يمتلك هـذا اليوم أسلحـة تدميرية مثيرة على مستوى الكرة الأرضية بشكل لا سابق له . وظهـر ذلك جليـا في نهايـة الحرب العالميـة الثـانيـة بـاستخـدام السـلاح النـووي لأول مـرة في المجـال العسكـري . وهـــذا السـلاح يختلف عـن الأسلحـة التقليدية ليس فقط في قدرته التدميرية وإنما في مقدار الـرعب والهلع الــذي يصيب البشر بسبب العــدد الضخم من الإصـابـات المباشرة ووجـود الإشعـاع القاتل غير المرئي الذي يضرب ضحـاياه ليس بشكل مبــاشر فحسب بل على امتــداد السنين والأجيــال التالية. تعرض المؤلف هنا لتحليل انفجاري هروشيما وناجازاكي مقارنـة ببعض الأحداث المنفردة بقصف المدن بالأسلحـة التقليدية ، ومن جهـة أخرى لحجم وقـدرة الأسلحة النـووية التي يمتلكهـا العالم هـذا اليوم، فمع التـزايد الكبير في قـوة الرؤوس النـووية وأعدادها تظهـر عوامل جديدة يمكنهـا تحديد وضع العالم عقب حـرب نووية كبرى . وخلافـا للوضـع في انفجـاري هيروشيما وناجـازاكي فإنـه بعد ضربـة نوويـة شاملة على مـدن الولايات المتحـدة لن يكون هناك أي مـدد يرجى للغـذاء والمساعـدات الطبية من الأماكن غير المستهدفة إلى المدن المصابة . لأن وظائف الإنقاذ الأمريكية المنظمة يكون معظمها قد توقف لأن جميع المدن مستهدفة والملاجـيء معدومة . وأوضح المؤلف أن أهميـة هذا الكتـاب تكمن في تصحيح كثير من المفاهيم الخاطئة وتعديل أسلوب النهج العلمي في التحليل بحيث يكـون أكثـر واقعية لتبيـان أن آثـار الحروب النـوويـة يختلف عن أسـاليب الـدراسـات السـابقــة عـادة . فقـد اعتمــد كثير من المحللين في الـدراسات السـابقة في تقـدير عـدد الإصابـات من الحرب النـووية على الإصـابات النـاتجة عن تفجير واحـد على إحــدى المدن وضرب هـذا العــدد بعـدد الإنفجارات فوق كل مدينـة وبعدد المدن المستهدفة . وتشكل التقـديرات النـاتجة من ذلك عشرات الملايين من الإصابات ، وهي بلاشك ضخمة وتعكس احتمال وفيات وإصابـات لاسابق لها . ومع ذلك فإن اعتماد

هذه الطريقة وحدها يمكن أن يقلل كثيرا من العواقب الحقيقية كالتأثيرات المباشرة وغير المباشرة الأخرى والتي تنشأ عن تزايد حجم العدد الكبير من التفجيرات بحيث يمكن أن توازي تأثير الإنفجار نفسه أو تفوقه في القدرة . بالإضافة لذلك فإن الإقتصار على هذا التصور يشكل صورة خاطئة وخطيرة على الحياة بعد الحرب النووية لأنها توحي بأنه يمكن العودة إلى الأعمال اليومية بعد فترة قصيرة من الإضطراب في سير المجتمع. ولأنها توحي في كون العالم بعد الحرب النووية يبقى صالحا لسكنى الناجين من الإصابة الفورية . وبالتالي فإن الحرب النووية يمكن تصورها بأنها تشكل بالبديهة انتحاراً جماعياً منظماً . وأوضح المؤلف بأن صانعي القرار يعتمدون على نتائج تحاليل سيناريوهات معدة بصورة غير دقيقة وغير واقعية ، إذ أنهم يعتقدون على أن الحرب النووية المحدودة ضرب مضاد على أهداف استراتيجية مختارة أمر ممكن ، بل لعله يكون مقبولا من حيث الخسائر المدنية . حيث أن المهاجم لن يخسر ولن تقع عليه أية إصابات سوى الزيادة النسبية الضئيلة في معدل السرطان على المدى الطويل بسبب انتشار الغبار الذري في العالم . وهذا في نظرهم يشكل نصراً ساحقاً يلحق الدمار بالأهداف المدنية والعسكرية للطرف الآخر دون أي خسارة تذكر من قبل المهاجم . غير أن التحليل الشامل والدقيق لنتائج مثل هذا السيناريو يبين حجم العدد الهائل من الإصابات بسبب التأثيرات غير المباشرة وبمستويات غير مقبولة . ولهذا فإن الوعي السليم لهذا التقويم من قبل صانعي القرار قد يغير طبيعة السياسة الإستراتيجية كليا .

بدأ المؤلف **الفصل الثاني** بتوضيح أهمية اتباع أسلوب السيناريو في دراسة وتحليل المعضلات المعقدة ، وذلك بتحديد العلاقات السببية المباشرة وغير المباشرة بين نظام الفعل ونظام رد الفعل ، كما بين المؤلف أن السيناريو المتبع في هذا الكتاب بنى على افتراض حرب نووية كبيرة بهدف تحليل نتائجها على المستوى القاري أو العالمي وليس الإقتصار على تأثير انفجار واحد أو حفنة من الإنفجارات النووية ، وأشار المؤلف إلى العديد من العوامل والأسس التي اتبعت في وضع هذا السيناريو مقارنة بسيناريوهات الدراسات السابقة ، وكمثال لهذه العوامل عدم الإعتماد في التحاليل على « الحالة الأسوأ » والتي تفترض تفجير كافة الرؤوس النووية الإستراتيجية في الكرة الأرضية فوق أكبر عدد ممكن من الأهداف المدنية في مدن لا يزيد عدد سكانها عن ألفي نسمة ، فهناك عدد كبير من العوامل التي تحول دون حصول ذلك رغم توفر عدد كاف من الرؤوس النووية نظريا . وتشمل هذه العوامل عدم انفجار بعض الرؤوس النووية أو تعطلها وإخفاق جهاز الإيصال وأنظمة الدفاع ضد الصواريخ عابرة القارات وتداخل الرؤوس النووية والنقص في عدد وسائل الإتصال وعدم القدرة على ضبط أجهزة التفجير المتعددة وتأثيرات النبض الكهرومغناطيسي ...الخ. ويشابه السيناريو المتبع في هذا الكتاب إلى حد كبير السيناريو الذي أعد لدراسة مجلة « امبيو » (مجموعة امبيو الإستشارية ١٩٨٢م) مع اختلاف في تقويم أثر التغيير في بعض الإفتراضات الرئيسة كتوقيت وقوع الحرب النووية من السنة . وقد افترض في هذا السيناريو أن قوة الإنفجارات الإنشطارية والاندماجية متساوية . كما عد الكتاب أن تبادل التفجير الأول يتناول شمالا أمريكا وأوربا والإتحاد السوفيتي مع تفجيرات في بلدان أخرى تتلاءم مع غايات عسكرية أو سياسية . وافترض أن تقع الحرب النووية بشكل خاطف وبفترة إنذار شبه معدومة وتدوم أقصر مدة ممكنة بحيث يبقى التوزيع السكاني كما هو . وقد أسقط في هذا السيناريو موضوع الخلل في أجهزة وسائل الإيصال على اعتبار أن عدداً من الرؤوس النووية المذكورة في هذا السيناريو سوف يفجر بكامله مما يشكل قوة تفجير تعادل أقل من نصف قدرة الترسانة الإستراتيجية المتوفرة ، واحتوى هذا الفصل على جداول تبين موجزا للسيناريو المتبع من حيث الأهداف وعدد الرؤوس النووية الموجهة لها وقدرة هذه الرؤوس .

ويقدم المؤلف في **الفصل الثالث** المعلومات المفصلة المطلوبة لوصف الوضع العالمي في نهاية المرحلة الفورية التي تلي الحرب النووية ، ويمثل هذا الوصف أول مظاهر تحليل النتائج حيث يتم حساب التأثيرات على النظم البشرية والبيئية التي يحتمل حدوثها أثناء الحرب النووية أو فور انتهائها ، واستعرض المؤلف هذه التأثيرات بشيء من التفصيل مركزا على التأثيرات المباشرة على الصحة الإنسانية والتي تعكس عدد الوفيات والإصابات البشرية التي تقع فورا أو في أعقاب سيناريو الحرب . ويجري تحليل هذه التأثيرات المباشرة من خلال ثلاث عمليات بينة هي الإنفجار ، والإشعاع الحراري ، والإشعاع الذري الأولي . وذكر المؤلف تفصيلا علميا منطقيا ورياضيا لتأثير هذه العوامل . كما تطرق إلى الأضرار الطبيعية الأخرى الناتجة من التأثير الأولي المباشر للحرب النووية وأوضاع النظم الجوية المصاحبة لذلك .

تطرق المؤلف في **الفصل الرابع** إلى النتائج المتوسطة والبعيدة المدى للحرب النووية مع التركيز على الآثار الجوية والبيئية وما يطرأ عليها من تغيير ، فالغبار الذري المشع والناتج من التفجيرات النووية سيغطي مساحات شاسعة من سطح الأرض ، كما أن دخول الجزيئات إلى الطبقة الهوائية مع غيرها من نواتج الحرائق الثانوية سوف يتسبب خلال الأسابيع والأشهر اللاحقة لهذه الحرب في تغيرات غير عادية في الطقس وفي ضوء الشمس . ينتج من هذه التغيرات انخفاضا حادا في درجة الحرارة تسبب تلفا جماعيا للنباتات الأرضية مما يؤدي إلى توقف الإنتاجية الأولية الصافية في معظم النظم البيئية ريثما تستطيع النباتات أن تنشط من جديد أو تستبدل انطلاقا من البذور عند عودة الشروط الملائمة . والمناطق الوحيدة التي يمكن أن تسلم نباتاتها من الدمار بسبب البرد الشديد هي المناطق الساحلية المباشرة والجزر حيث يلطف وقع البرودة جمود المحيطات الحراري . كما أن هناك أضرارا أخرى تقع على النباتات من جراء الإشعاع والملوثات الهوائية ومستويات النور المنخفضة والتي تزيد من أضرار الصقيع عقب الحرب ، وناقش المؤلف في هذا الفصل مدى عمق هذه التأثيرات على نظم بيئية مختلفة . واختتم هذا الفصل باستعراض التأثيرات الجماعية للحرب على النظم الإجتماعية البشرية .

تحدث المؤلف في **الفصل الخامس** عن عودة الحياة (عمليات استعادة الحياة الطبيعية) تدريجيا بعد انتهاء فترة الشتاء النووي وبدء عودة التغييرات المناخية إلى شروط ما قبل الحرب النووية وذلك في غضون فترة تمتد إلى عدة سنوات ، ويتوقف معدل استعادة الحياة الطبعية للإنسان على نسبة استعادة الإنتاجية في النظم الطبعية . وقد يستغرق هذا أكثر من وقت عودة الشروط المناخية . لهذا فإن تسلسل عودة الحياة يبدأ بعودة النظم الجوية أولا ثم تباطؤ زمني للنظم الطبعية الإحيائية تأتي على أثرها النظم الإنسانية وذلك في الحالات الفضلى، وقد تؤثر عوامل أخرى في تعجيل عودة الحياة للنظم الإنسانية مثل عودة نمو النظم التي تدعم الإنسان مثل إعادة قيام النظم الزراعية وتوفير مصادر الطاقة.

تناول **الفصل السادس** عرضاً مجملاً لنتائج سيناريو الحرب النووية المفترضة موضحة بالجداول والرسومات. تدرج ذكر هذه النتائج حسب تسلسلها الزمني بدءاً بالنتائج الفورية من الإنفجارات وتأثيرات الموجات الكهرومغناطيسية التي تؤدي إلى شل حركة جميع الأنظمة الالكترونية وأنظمة الإتصالات والكوارث الأخرى المترتبة على ذلك من حرائق وتدمير . تلى ذلك نتائج مرحلة الشتاء أو الصقيع وآثارها على النظم الحيوية . واختتم هذا الفصل بذكر مرحلة ما بعد الشتاء وعودة أشعة الشمس وتدرج عودة الحياة الطبعية وما يصاحب ذلك من نقص في الغذاء والمياه وتفشي الأمراض بالإضافة إلى ذكر الآثار الإجتماعية والنفسية لهذه المرحلة .

يعطي هذا الكتاب في فصوله الستة تصورا عن ما يمكن أن يلحقه الإنسان من دمار لجنسه ولبيئته وذلك باستخدامه وسائل تدميرية من صنعه لم يسبق لها مثيل . ويعد هذا التصور من أشمل ما أعد في هذا المجال من حيث ذكر تفصيل نتائج المراحل الزمنية المختلفة لحرب نووية متوسطة . وركز الكتاب على آثار ظاهرة الشتاء النووي التي تلي المراحل الأولى لهذه الحرب ، وتعرض لنتائجها والتي لا تقل حجما عن الآثار الفورية والمباشرة لها . خلاصة القول أنه لن يكون هناك منتصرا في أي حرب تقوم وتستخدم فيها الأسلحة النووية إذ أن الدمار سيعم الأرض كافة .



نقل الحركة وتغيير السرعات

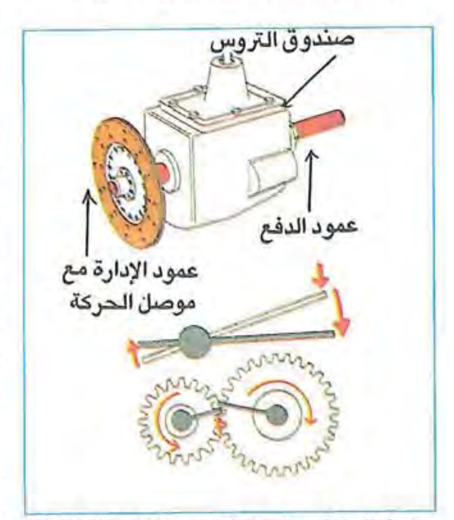
(ب) تغيير السرعات يدوياً

إعداد : د. حامد بن محمود صفراطه

نتناول في هذا العدد ، عزيزي القارىء ، كيف يستطيع محرك السياره بقدرته وسرعته المحدودتين أن يلبي حاجة السيارة عند بدء الحركه أو عند توقفها الكامل أو عندما تنطلق مسرعة على الطريق؟.

إن متطلبات السيارة في الحالتين السابقتين تقفان على طرفي نقيض، إذ أنه عند بدء الحركة فإن السيارة تحتاج الى أكبر قوة ممكنه من المحرك مع سرعة منخفضة، أما في حالة الإنطلاق على الطريق فإن القوة المطلوبة تنخفض بشدة مقارنة بالقوة المطلوبة عند بدء الحركة ، وتكون السرعة في هذه الحالة أكبر بكثير من السرعة عند بدء الحركة .

يتولى صندوق التروس (Gear Box) في مهمة تغيير القوة مع السرعة حسب الحالة المطلوبة، فعند وضع مقبض صندوق التروس (Shift Lever) في ناقل السرعة الأولى (First Gear) (عادة ما تكتب الأرقام على المقبض) فإن عجلات السيارة تدور بسرعة منخفضة في حين يدور المحرك بسرعة عالية، وكذلك تكون القوة المبذولة على العجلات (Driving Torque) كبيرة .وعلى العكس فإنه



● شكل (١) صندوق التروس ونظرية الرافعة .

عند وضع مقبض صندوق التروس على ناقل السرعة الأعلى مثل الثالثة أو الرابعة فإن عجلات السيارة تدور بسرعة عالية في حين يدور فيه المحرك بسرعة عادية، وكذلك تكون القوة المبذولة على العجلات عادية.

إن المبدأ العلمي الذي بني عليه صندوق التروس هو مبدأ العتلة أو الرافعة من الدرجة الأولى (Lever) شكل (١)، حيث أن طرف الرافعة يُمكّن قوةً عاديةً تتحرك مسافة كبيرة من رفع قوة كبيرة تتحرك مسافة صغيرة ، وكذلك الترس المسنن هو في الحقيقة مجموعة متتالية من الرافعات يدور الترس الصغير بسرعة عالية وقوة عادية ليدفع الترس الكبير بسرعة عادية وقوة كبيرة.

يتكون صندوق التروس من مجموعتين من التروس متواصلتين متلامستين دائماً حيث تكون المجموعة الأولى والمتصلة بالمحرك عن طريق موصل الحركة ثابتة على عمودها وتدور معه، بينما المجموعة الثانية تدور حرة على عمودها ولا تحركه إلا إذا تدخلت عناصر خارجية ترغمها على ذلك.

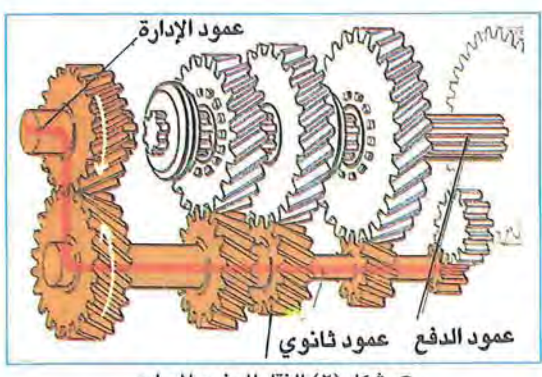
يقوم صندوق التروس بمهمة تغيير السرعة والقوة حسب الأوضاع المختلفه لناقل الحركة، ففي حالة سيارة ذات نواقل ستة (ناقل السرعة الأولى الى الرابعة إضافة الى ناقل السرعة المحايد والناقل الخلفي) فإن ذلك يتم كما يلي :-

١ـ ناقل التعادل للوضع المحايد

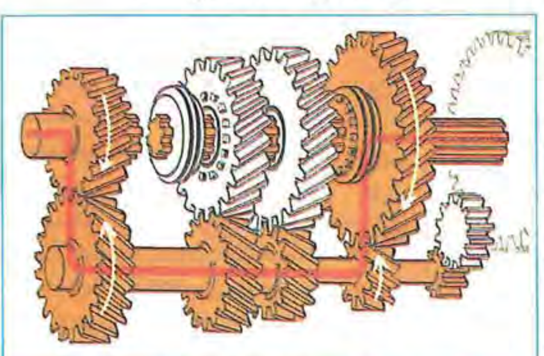
في هذه الحالة ، شكل (٢) تدور التروس متلامسة ولكن لا أثر لإنتقال الحركة من عمود الإدارة إلى عمود الدفع (العمود الموصل لعجلات السيارة (Out Put Shaft) ويسمح هذا الوضع بأن تظل السيارة ساكنة لاتتحرك، في الوقت نفسه يكون المحرك عاملاً لدوران أجزائه.

٢ـ النقل للسرعة الأولى

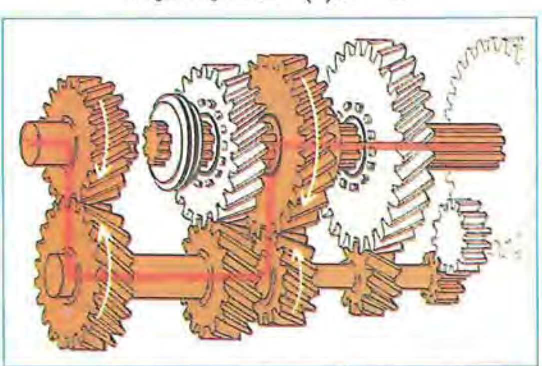
عندما يضغط السائق على قدمة موصل



● شكل (٢) النقل للوضع المحايد.



● شكل (٣) النقل للسرعة الأولى .

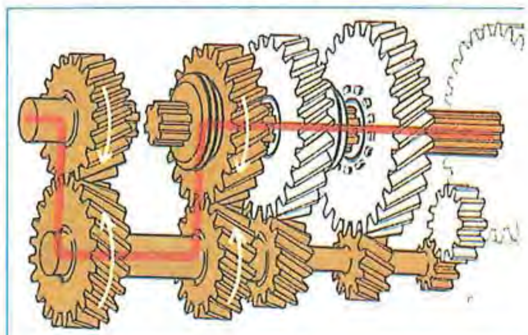


● شكل (٤) النقل للسرعة الثانية .

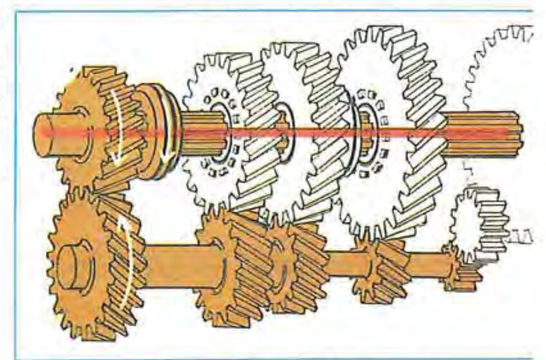
الحركـة (clutch) ويدفع يـد صندوق التروس بيده إلى النـاقل الأول فإنه يحرك حلقـة مسننة منزلقـة على عمـود الدفـع لكي تُثَبِّتْ الترس الأكبر عليـه ، وبـذلك تكـون سرعـة المحـرك المرتفعة قـد تم تحويرها عن طـريق هذا الترس الكبير إلى سرعـة منخفضـة وقـوة كبيرة كما يتضح من الشكل (٣).

٣ـ النقل للسرعة الثانية

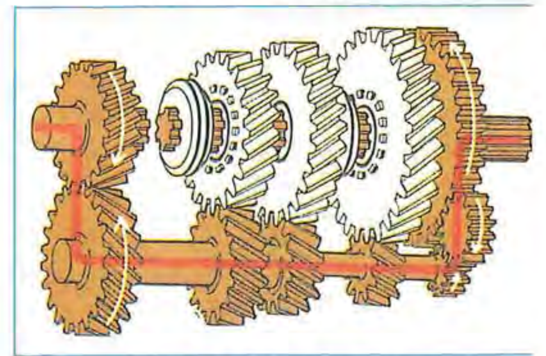
عنـدمـا تتحرك السيـارة وتـزداد سرعتهـا يفشل الوضع الأول في الوفاء بمتطلبات السيارة وعنـدئذ يـدفع السـائق قـدمـه على مـوصل الحركـة (Clutch) ليفصل حركـة المحرك عن السيارة ويحرك بيده مقبض صندوق التروس إلى النـاقل الثـاني حيـث تنفك الحلقـة المسننـة المنـزلقـة مـن الترس الكبير وتنـدفع إلى الترس المتوسـط لتثبته مع عمـود الدفع وبـالتالي تتغير نسبـة التروس، ويُمكِّن هـذا الوضع من الـوفـاء بحاجة السيارة وتـزداد سرعتها كما هو مبين في الشكل (٤) .



● شكل (٥) النقل للسرعة الثالثة .



● شكل (٦) النقل للسرعة الرابعة .



● شكل (٧) النقل للحركة الخلفية .

٤ـ النقل للسرعة الثالثة

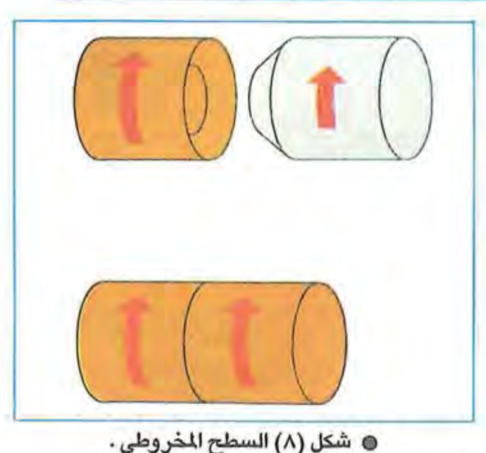
مع ازديـاد سرعـة السيـارة يتكـرر نفس العمـل وتنتقـل الحـركة إلى التـرس الثـالث كما في الشكل (٥) .

٥ـ النقل للسرعة الرابعة

في هذه الحالة تزداد سرعة السيارة إلى أعلى درجاتها وتتواءم بذلك مع سرعة المحرك وبالتالي يفقـد صـندوق التـروس مهـمته ويتصـل المحـرك مباشـرة من خـلال عمـود الإدارة مـع عمـود الـدفع دون وسـاطـة صنـدوق التروس كما هو مبين في الشكل (٦) .

٦ـ النقل للحركة الخلفية

يتبقى لصندوق التروس مهمـة لا تقل في أهميـتها عـن المهمات السابقـة ألا وهي تحريـك السيـارة إلى الخلف، ولكـي يستطيع صنـدوق التروس القيـام بهذه المهـمة فقـد تـم تزويده بتـرس إضافي، شكل (٧)، يمكن أن يـدور عكس اتجاه الحركـة، وبذلك يـدور عمـود الدفـع في الإتجاه المعـاكس لـدوران المحـرك. وبالطبـع فـإن نسبـة التـروس اللازمة لهذا الـوضع تناسب مـا هـو موجـود في النـاقل الأول حيث أن المطلـوب سرعـة بطيئة وقوة كبيرة.



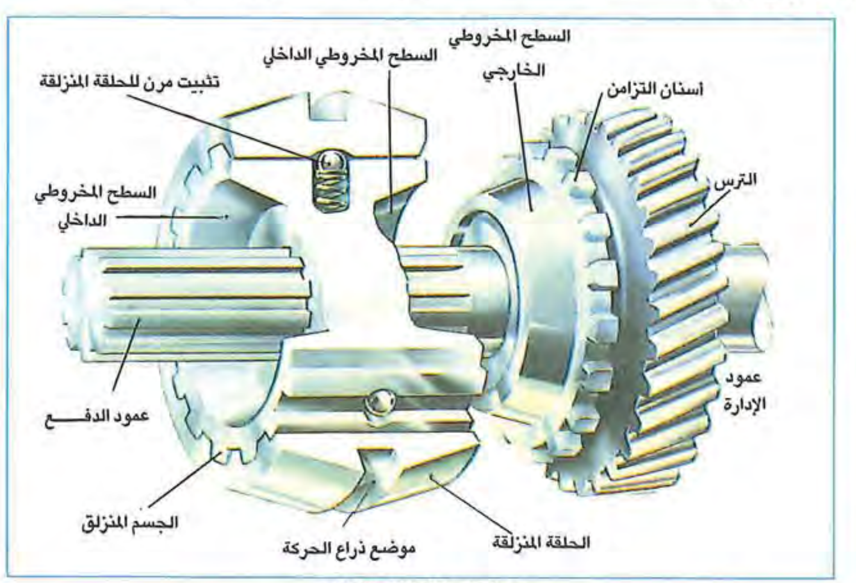
● شكل (٨) السطح المخروطي .

● نظـام التـزامن البسيط للتروس المتحركة

لا شك أن التقـاء الحلقـة المسننة المنـزلقـة بـالتروس أثناء تغيير أوضـاع مقبض صنـدوق التروس، خـاصـة عند السرعـة المرتفعـة ليست بـالعمل اليسير، ولـذلك فقـد تم تطويـر نظـام يضمن عملية التزامن بأن يتم اللقاء عندما يكون الجزءان (الحلقة والترس) في حـالة دوران عنـد نفس السرعة تقريبا .

يعمل هذا النظـام باستخـدام فكرة السطح المخـروطي، شكل (٨) الذي يتيح التـلامس عن طريق الإحتكاك تدريجيا حتى إذا إلتقى الجزءان كانت سرعتاهما متساويتين تقريباً .

ويوضح الشكل (٩) نظام التزامن الحقيقي حيث يتضح السطح المخروطي وحلقة الإتصال وعمـود الـدفع وطـريقـة التثبيت المرن للحلقـة المنـزلقة الـذي يسمح بـالإتصـال فقط عندمـا تتساوى سرعة الحلقة وسرعة الترس .



● شكل (٩) نظام التزامن .





طبيب العيون

امرأتان، فاطمة ونورة، ورجلان، إبراهيم ومحمد، أطباء في أحد المستشفيات.

أحد هؤلاء الأربعة طبيب أسنان والثاني طبيب نساء والثالث طبيب أطفال والرابع طبيب عيون. في أحد الأيام جلس الأربعة حول منضدة مربعة وذلك حسب المعلومات التالية :-

١ - الشخص الذي يجلس أمام إبراهيم طبيب أسنان.
٢ - الشخص الذي يجلس أمام محمد ليس طبيب أطفال.
٣ - الشخص الذي يجلس على يسار فاطمة طبيب نساء.
٤ - الشخص الذي يجلس على يسار نورة ليس طبيب عيون.
٥ - طبيب الأطفال وطبيب العيون متزوجان بعضهما البعض.

أي من الأربعة أشخاص طبيب العيون ؟

حل مسابقة العدد الحادي والعشرون

(قيمة الحرف « ن »)

(ن) أكبر من (١) و(ن) × (أ) أقل من (١٠)، لذلك إذا (أ) ليست (١) و(ن) و(أ) لهما إحدى القيمتين التاليتين :-
[١] ٢ و ٤ ، [٢] ٢ و ٣

عندما نعوض قيمة (ن) و(أ) وعندما نبحث عن قيمة (حـ) مثلا
(ن) × (حـ) تنتهي بقيمة (أ)، وعندما نجد القيمة المناسبة لـ (حـ)
قيمة (جـ) مثلا (ن) × (ج) مضافا لها ما تبقى من ناتج (ن) × (حـ)
لتصل إلى قيمة (ج) و هكذا.

وعلى ذلك كما في [١] عندما تكون قيمة (ن) إثنين لا نجد قيمة للحرف (ث)، وعندما تكون قيمة (ن) أربعة لا نجد قيمة للحرف (ث) أو الحرف (جـ).

أما في [٢] عندما تكون قيمة (ن) إثنين لا نجد قيمة للحرف (حـ) ولكن عندما تكون قيمة الحرف (ن) تساوي ثلاثة تكون قيمة الضرب مقبولة كما يلي :-

```
 ٢٨٥٧١٤
    ٣ ×
--------
 ٨٥٧١٤٢
```

المبررات السابقة تفترض أن قيمة (أ) لا تساوي (١)
إذا كانت قيمة (أ) تساوي (١) إما (ن) أو (حـ) تساوي (٧) والآخر (٣).
عندما تكون(ن) تساوي (٧)، كل من (جـ) و(حـ) تساوي (٣)، ولكن عندما تكون (ن) تساوي (٣) يكون ناتج عملية الضرب مقبولة. وذلك على النحو التالي :-

```
 ١٤٢٨٥٧
    ٣ ×
--------
 ٤٢٨٥٧١
```

وفي كل الحالات فإن قيمة (ن) تساوي (٣).



أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة « **طبيب العيون** » فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي :ـ

١ ـــ ترفق طريقة الحل مع الإجابة .

٢ ـــ تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء .

٣ ـــ يوضع عنوان المرسل كاملا .

٤ ـــ أخر موعد لاستلام الحل هو ١٥/٦/١٤١٣هـ .

سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل ، وسيمنح ثلاثة من أصحاب الإجابة الصحيحة جوائز قيمة ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله .

الفائزون في مسابقة العدد الحادي والعشرون

تلـــــقت المجـلة العديـد مـن الرسائل الـتي تحمل حل مسـابقة العـــدد الحادي والعشــرون « قيمـة الحـرف (ن) » ، وقد تــم استبعـــاد جميـــع الحلــول التــي لم تتقيـد بشـــروط المسابقـة ، وكـذلك الرسائـل التـي وصلـت متأخـــرة عـن الموعـــد المحـــدد . وبعـــد فـــرز الحلـول لـــم يتوصـل أي قـاريء إلـى الحـــل الصحيـح إلا القارئة **جميلـة حمـدون** .

ويسعدنـا أن نقدم للفـائزة هديـة قيمة حيث سيتم إرسـالها لها على عنوانها ، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد المقبلة .





تلوث البيئة من ضجيج حركة المرور بالرياض مقداره وتأثيره الصحي

نظــــراً للتطور المستمر الذي تشهده المملكة في القطاعات الاقتصادية والإنتاجية وكذلك في البنية الأساس ، فقد أدى ذلك إلى تلوث ضوضائي وهوائي . ويتضح التلوث الضـوضائي النـاتج من ضجيج المرور في الأماكن الآهلـة بالسكـان ، كما يتضح أن هنـاك الكثير من المواطنين الـذين هم عـرضـة لهذا النـوع من الضوضـاء، وتتـزايـد الإحتمالات المستقبلية لبيئـــة عمرانية متزايـــدة الضجيـــج ، ونظـرا لأهميـــة هـذا الموضوع فقـد دعمت مدينة الملك عبد العـزيز للعلوم والتقنية مشروعا بحثيـا بعنوان «تلـوث البيئة النـاتج من ضجيج حركة المرور بـالريـاض ، مقداره وتأثيره الصحي» الباحث الرئيس فيـه الدكتور عبد الرحمن فلمبان من جـامعة الملك سعود. وذلك خلال الفترة من ١٤٠٨هـ إلى ١٤١٠هـ .

أهداف المشروع

تركزت أهداف المشروع في الأمور التالية:ـ

١ ـ تحـديد المستــويات المصـاحبـة للضجيج المروري في طـرق السير الكثيف في مـــدينـــة الرياض .

٢ ـــ تحليل عـلاقـــات الإرتبـاط بين الضجيج المروري والعـوامل المسببة لـه من حيث الحجم المروري والسرعة المرورية والحركة المختلفة .

٣ ـــ التعرف عـــلـى التقـــييم والتـأثير علـــى الأشـخاص المعـرضين للتلـوث الضوضائي.

٤ ـ التـوصل إلى التـوصيات الـلازمة لمـحاولة تخفيف الضجيج المروري الصـاخب في الطرق الشريانية الرئيسة.

تم في هـذا البحث دراسة ظاهـرة الضجيج من النـاحيـة المروريـة والإجتماعيـة في ٤٢ من الطرق المرورية موزعة على ١٣ منطقة في مدينة الرياض . كما تم استطلاع آراء ٢١٠٠ مواطن . وتشير نتـائج قيـاســات الضجيج المروري في الطرق الشريانية الرئيسـة بالرياض إلى أنه أعلى ممـا ســواهـا في طـــرق السير الأخـرى ، وأن الضــوضاء في هـذه الطرق كـانت أعلى من الحد المسموح بـه. ولوحظ أن الضـوضاء كـانت على أشدها في مناطق السويدي ، البطحاء ، الروضـة ، الشميسي ، الصناعيـة إذ بلغ مستوى الضجيج في هـذه المناطق مـا لا يقل عن ٨٠ ديسبل . كما كـان مستـوى الضجيج من ملتقيـات الطـرق بمواقع متعددة أعلى من الحد المسموح به وأكثر المواقع ضجيجـا من هذه الملتقيات المجمعـة من الطـرق هي السـويـدي ، الشميسي ، البطحـاء ، الوشم ، الفاخرية ، الصنـاعية ، وكانت الجسور المعـدنيـة المصـدر الـرئيس للضجيج المروري الصاخب كما قيس في منطقـة البطحاء والوشم ، والشميسي والصناعية .

وأشـارت النتـائج إلى أن الضجيج المروري في الشوارع الداخلية في مناطق البطحاء ، الوشم، الشميسي ، العليـا كـان عـــاليـا وأعلى من ا لحد المسموح به في منطقتي البطحاء والشميسي ، كما كان الضجيج عاليا في مناطق منفوحة، الفاخرية والصناعية. ولوحظ أن هنـاك ضجيجا ملموسا في الأحوال التي تتميـز بحجم مروري منخفض وقت إجراء الدراسـة في كل من طريق الملك فهد وطريق مكـة وما حولهما. كما وجد أنـه بازدياد عدد الطـرق الرئيسـة لتخفيف الحجم المروري فإن الضجيج الصادر يزداد ويظل مرتفعا لفترة أطول خلال ساعات النهار.

اتضـح من البحــث أيضا أن الضـــجـيج المروري يـزداد كلما زادت النسبـة والكثــافـة للمناطق التجارية مثل محلات مبيعات التجزئة ، المكاتب الإدارية ، ويتناقص مع انخفاض الكثافة السكانيـة. ويتأثر الضـجيج المروري بمتغيرات الإنسياب المروري ويـزداد مع حجم السيارات الثقيلة، يلي ذلـك في التأثير السيارات المتـوسطة الحجم ثم حجم السير الكلي وأخيرا سرعة السير. كما أن هنـاك ارتبـاطـا موجبـا وملمـوسـا بين الضـجيج المروري ونـوع الطــريق، فكلما تغير نوع الطـريق المروري من داخلي إلى سريع كلما ازداد مستوى الضجيج .

أفاد أكثـر من نصف مجموع أفـراد العينة بالانزعاج من ضجيــج المرور وحوالي ثلثان كان شعورهم بـالإنزعـاج عاليـا أو عاليـا جدا ، كما أفادوا بأن الضجيج المروري يكـو ن على أشده في الساعة السادسة مساء ويمتد حتى منتصف الليل . وأوضح عـدد ملمـــوس من الأفـراد بأن هنـاك تأثيرا للضجيج المروري على نشاطـاتهم اليوميـة كالمكـالمات الهاتفية، العمل ، المحـادثة ، الـراحة ، القـراءة . وأوضحوا أن هنـاك تأثيرات للضجيج على آلام الـرأس والأعصـاب، وأشـار ١١٪ أن هنـاك تأثيرا للصدمـات الصوتيـة على سمعهم. وأظهـرت النتـــائج أن درجـة الإدراك بالتأثيرات الصحيـة الناتجة من ضجيج المرور تـزداد بـارتفـاع مستـوى التعليم وتقل بتقـدم العمر. وتزداد درجة الإنزعاج بتغير نوع الطرق من داخلي إلى ملتقيـات الطـــرق المجمعـة ثم إلى الطرق الشريـانية الرئيســة ثم أخيرا إلى الطرق السريعة.

وكـان لمستوى التعليم ودخل الفـرد تأثيراً واضحــــاً تجاه ضجيـج المرور، فكلما ارتفع المستـــوى العلمي والـدخل كلما زادت سلبيـــة تأثـــير الضجيج المروري على نشـــاط الفـــرد والقـراءة والآلام والتأثير على السمع .

ولتخفيــض الضجيـــج المروري وتقليـــل تأثيراته الصوتية غير المرغوبة فإن هناك أسسا معينة تشمل تخفيض مصدر الصـوت ، تطوير هنـدسـة واستقـامـة طـرق السير، التحكم في الأمـاكن المستخـدمـة وتطبيق التقنيـة في إدارة تنظيم المواصــــلات . وقـــد أوضـح البحث أن التحكم والتخطيـط في المنــــاطق المروريــــة المستخـدمـة تـؤثـر على المدى البعيـد في تقليل وضبط التلوث الضوضائي وتأثيراتها الصوتية الضــــارة ، كـذلك فإن التقنيـــة في إدارة تنظيم المواصلات يمكـن أن تساعـد بصورة فعـالة في تخفيض مستوى الضجيج عنـد مخارج الطرق حيث تكون التأثيرات المرتدة للضجيج المروري شـديدة ومن الممكـن تشييد حـواجـز صوتيـة لتقليل الصـدمـة الصـوتيـة المرتـدة للضجيج إضافة إلى ضرورة وضع برنامج شامل لتحذير المواطنين من مضـار تلـوث البيئـة بـالضجيج الصاخب .

رجل يتناول ٢٥ بيضة يومياً

من المعلـوم أن تنـاول البيض بكثـرة يـؤدي إلى إزديـاد نسبـة الكـوليسترول في الـدم والتعـرض إلى إنسـداد الشرايين ، إلا أن رجلاً مسنـاً (٨٨ سنة) بالولايات المتحدة شذ عن هذه القاعدة بتنـاوله خمسة وعشرين بيضـة مسلـوقة خـلال اليـوم ولمدة خمسـة عشر عـامـاً دون أن تتـأثـر صحته من جراء ذلك حيث كانت نسبة الكوليسترول في دمـه عادية . ويـذكر الدكتـور فـريـد كيرن (Fred Kern) الأستاذ بكلية الطب بجـامعة كلورادو أن جسم هذا الرجل يتميز بالقدرة على القيـام بعمليات تعـويضيـة في غايـة الكفاءة تسمح له بالتعامل مع كميات الكولسترول الكبيرة التـي يستهلكها . فأمعـاء الـرجل تمتص فقط ١٨٪ من الكوليسترول الـذي يتناولـه مقارنـة بالمعدل العادي الذي يتراوح مابين ٥٠ إلى ٦٠٪ ، إضـافـة إلى أن كبـده ينتج ضعف ما ينتجه الأشخاص الآخرون من أحماض صفراويـة ، حيث أن هذه الأحـمـاض هــي نـواتـج تكسـير الكوليسترول في الكبد .

وتذكر الباحثة مارجريت فلين (Margaret Flynn) خبيرة التغـذيـة بجـامعة ميسـوري أن حـالة الـرجل ليست غـريبة إذ أن كل البحـوث التي قـامت بإجـرائها أوضحت أن تنـاول كميـات كبـيرة من البيض في النظـام الغـذائي العـادي لاتـؤثـر على كوليسترول الدم .

المصـدر Science News, April, 1991, Vol. 139, # 15, P 236.

الجديد في بحوث الإيدز

أثمـرت جهود الباحثين في مجال البحث عن لقـاح يكبح انتشار مـرض الإيـدز عن خطـوتين هـامتين نحـو تحقيق الهدف .

كانت الخطـوة الأولى عنـدمـا تمكنت مجموعـة من الباحثين بقيادة لورنـس كـوري Lawrance Corey من جـامعـة واشنطـن (سيـاتل) من إصـابـة نـوع شـائع من القـرود الأندونيسية يسمى pigtail macaque بفـيروس الإيـدز HIV-1 وحيث أن القرود الأندونيسية متـوفرة أكثر من قرود الشمبانزي (الحيوانات الوحيدة المعروفة بقابليتهـا للإصابة بفيروس الإيدز HIV-I) فإن كوري وزملائه يذكرون أن اكتشافهم هذا سيزيد عدد المرشحين لتجـارب لقاحـات الإيـدز ، وهذا بدوره سيعجل من تطوير اللقاح الفعال . وقد وجد البـاحثون أن هناك أربع سـلالات مختلفـة من HIV-1 يمكنها إصابة كريات الـدم البيضـاء في القـرود الأندونيسيـة في المختـبر وتحفـيز الخلايـا على إنتاج فيروسات جديدة ناقلة للعدوى .

وقـد تم حقـن ثمانيـة قـرود أنـدونيسيـة بكـريـات دم بيضـاء مصحـوبـة بفيروس نقي أو خليط فـوجد أن جميعهـا أنتجت الأجسـام المضـادة المنبهة للفيروس ، وأكثـر من ذلك ظهـرت عليها الأعـراض المبكرة للإصـابـة بـالمرض في الإنسان (عقـد ليمفـاويـة منتفخـة وطفـح جلـدي وحرارة) .

ويذكر كـوري أن هذه النتائج تشير إلى أن القرود الأندونيسية يمكن أن تظهر عليهـا أعراض مـرض نقص المنـاعـة ، وهذا يجعلهـا أول نمـوذج لحيوانـات حقيقية قـابلة لـلإصابـة بالمرض لأن قرود الشمبانزي لا تظهر عليهـا تلـك الأعـراض بعـد حقنهـا بالفيروس رغم أنها تحمله في جسمها.

ويتفق الباحث في لقاحات الإيدز جوناثان التن Jonathan Altan مـن مـؤسسـة الجنوب الغـربي للبحـوث الحيوطبية في سـان أنتنيو (تكساس) على أن القرود الأندونيسية توفر بديلا مناسبـا للشمبانزي لاختبـارات لقاح الإيـدز لأنها أسهـل انقيـادا ولأنها متـوفـرة بأعـداد كبيرة تجعل من استخدام أعداد مناسبة إحصائيا أمرا ميسورا .

هنـاك أسباب أخـرى تشجع على استخـدام القـرود الأنـدونيسيـة في بحوث الإيدز منها قدرتها على التكاثر حيث يمكن استيـلاد مـا بين ٢٠٠ ـ ٣٠٠ حيـوان في السنـة مقـارنـة بالشمبانـزي الذي لا يمكن الحصول على أكثر من ٢٤ حيوان منه بالإضافة إلى عـدم وجـود أية قيـود على بيعهـا مقـارنـة بـالشمبـانـزي التي تمنع المعاهدة الدولية توريدها من مواطنها الأصليـة بافـريقيـا حيث تعـاني من خطر الإنقراض .

أما الخطوة الثانية في تطور لقاح الإيدز فهي أن فـريق البحث الفرنسي الأمريكي بقـيادة باتريشـيا فولتز Patricia Fultz من جـامعـة الأبامـا ـ برمنجهام أوضحت أن التلقيح المتعدد باستخـدام بروتينات مختلفة حـاملة لفيروس HIV-1 نجحت في تحصين ثـلاثـة من قـرود الشمبـانـزي من الإصـابـة بفيروس الإيـدزHIV-1 المحمـول بـوسـاطـة كـريـات الـدم البيضاء.

ورغم أن عددا من لقاحات الإيدز قـد نجحت في التحصين ضـد فيروس الإيـدز HIV-1 النقي إلا أن فـولتـز وزمـلائها يـؤكدون على أن هـذه هي المرة الأولى التي قـام فيهـا اللقـاح بـالتحصين ضـد فيروسـات الإيـدز المحمولة بوساطة كريات الدم البيضاء المصابة .

وتذكـر العالمة فولتـز أن هـذا الإستنتـاج يشير إلى أنـه من الممكن تطوير لقـاحات طويلة الأمـد لحماية الإنســـان ضـــد جسيمات HIV المحمـولـة بكـريـات الـدم البيضـاء المصابة. هذا إضـافة إلى أن واحدا من قـرود الشمبـانـزي التـي درستهـا مجموعتهـا قاومت الإصـابة من مثل هذه الخلايا حتى بعـد مرور عام على التطعيم .

المصـدر : Science News June 20. 1992 Vol. 14 P. 405

ظاهرة الولادة المبكرة والمتأخرة

تحـدث الولادة المبكرة نتيجة الإفـراز المبكـر لهرمـون الاوكسيتـوسين (Oxytocin) قبـل موعد الـولادة الطبعي ، وتتأخر كذلك نتيجـة لتأخر إفـرازه . وقـد ينجم في كلتا الحالتين مخاطـر على الأم أو على الجنين .

كان أطبـاء الولادة يستخـدمون هرمون الاوكسيتوسين لتحفيز عملية الولادة عندمـا تمتد فترة الحمل لأكثر من ٤٠ أسبـوعـا حيث يـؤدي هـذا الهرمون إلى الإسراع في مجيء عمليـة المخاض ، لكن العلماء لا زالوا حائرين حول الـوظيفة الطبعية للهـرمون لأن النساء اللاتي يدخلن في غرفة الولادة طبعيـاً (اكتمال مدة الحمل وحـدوث عملية الـولادة طبعيا) لم يكـن لديهن فـرق واضـح في تركيـز الهرمـون عن النسـاء اللـواتي في غير حـالـة ولادة، كـذلك اتضح أن حقن الحيـوانـات بأجسـام مضـادة لإعـاقـة إفـراز الهرمون في الدم لم تؤخر بداية عملية الولادة .

لقـد حلـت الدراسـات التي أجراها هانس زنج (Hans H. Zingg) وزمـلاؤه في مستشفى جـامعـة فيكتـوريا على الفئـران هذا التنـاقض حيث وجـدوا أن هناك مـورث في رحم الفأرة الحامل مسـؤول عن إنتـاج الهرمـون ، ويصبح هذا الهرمـون نشطـا أثناء فترة الحمل ولكنـه يصل إلى قمـة نشاطـه قبل عملية الـولادة حيث وجـد أن نشـاطه يتضاعـف حـوالي ١٥٠ مـرة عـن مستـواه الإعتيادي .

إضافة إلى ذلك فإن زنج وزملاؤه استـنتجوا أن غـدة تحـت المهـاد (Hypothalamus) غير مهمة نسبيا في تنظيم مستوى الاوكسيتوسين ولكنهم يؤكـدون عوامـل أخرى غير معـروفة تحفـز الـرحـم نفسـه لإنتـاج الاوكسيتـوسين الـذي يسبب تقلص الرحم (المخاض) ، وينتج عن الخلل في هـذه العمـلية الـولادة المبـكرة أو المتأخرة .

يقول زنج إن إنتاج الهرمون في الرحم يفسر نقص ارتفـاع تركيزه في الـدم وبطـريقـة مشـابهة يقـول إن الأجسـام المضادة التي تعيق إفـراز الهرمون عادة لا تؤخـر عملية الولادة لأنها لا تستطيع مغـادرة الـدم إلى الرحم .

أمـا الدكتـور برايـن متـشـل (Bryan Mitchell) وزمـلاؤه فـي جامعـة البرتا في أدمنتون فقـد وجدوا شـاهـدا في أنسجة المشيمـة البشريـة يؤيد استنتاج زنج وزملاؤه ، حيث اكتشفـوا أن النسـاء الـلاتي يـدخلن غرفة الـولادة تلقائيا لديهن تـركيزات مشيمية عاليـة مـن راسـل الاوكسيتـوسين RNA الـذي ينظم إنتاج الهرمـون أكثر مما هو مـوجود في النساء اللاتي يلدن بعملية قيصرية قبل أن يبدأ المخاض .

المصـدر : Science News June 13, 1992, Vol. 141 P. 389



تسعد أسرة تحرير مجلة العلوم والتقنية بوصول كم هائل من رسائل القراء من داخل المملكة وخارجها معبرين عن وجهة نظرهم ومستفسرين عن مواضيع علمية وطالبين بأعداد سابقة ، ولا يسع أسرة التحرير إلا أن ترحب بكل رسالة حملت تعبيرا صادقا ومودة للمجلة والقائمين عليها .

والمجلة إذ يسرها أن تؤكد للقراء أن جميع رسائلهم محل اهتمام بالغ منا وإننا لانهمل أية رسالة تصلنا والآن مع رسائلكم : -

● **الأخ / علي التوم - رجال ألمع**

إشارة الى رسالتك التي بعثت بها إلى المجلة نود إبلاغك بأنها أول رسالة تصلنا منك، كما نود إشعارك بأننا قمنا بإرسال الأعداد التي طلبتها والمتوفرة لدينا ، مرحبين بك صديقا للمجلة .

● **الأخ / تاج السر بشير يس - نجران**

الجهة المختصة بتسجيل براءات الإختراع في المملكة العربية السعودية هي **مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** - الإدارة العامة لبراءات الإختراع — ص.ب: ٦٠٨٦ - الرياض ١١٤٤٢ - أما عالميا فلكل دولة مؤسستها الخاصة التي تعنى بتسجيل البراءات. كما قمنا بإرسال الأعداد المتوفرة من المجلة لك حسب طلبك.

● **الأخ / فهيد العبدلي - جدة**

نود أن نشكرك على ثنائك على المجلة، وقد قمنا بإرسال العدد التاسع عشر (الكائنات الحية الدقيقة) حسب رغبتك .

● **الأخ / فهد بن صافية - خميس مشيط**

إشارة إلى رسالتك التي بعثت بها إلى المجلة ، نود أن نشكرك على ثنائك عليها ، أما بخصوص اقتراحك وهو عدم سحب المجلة من الأسواق ، فهذا الإقتراح صعب التنفيذ نظرا لكون المجلة دورية وخاضعة لعقود توزيع ، وعن طلبك الثاني الخاص بطلب تقارير مشروع إنتاج البروتين الميكروبي من المصادر الهيدروكربونية ومعلومات عن ذلك البحث فيمكنك طلب هذه المعلومات من الإدارة العامة لبرامج المنح ، **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** ، ص . ب ٦٠٨٦- الرياض ١١٤٤٢ .

● **الأخ / سامر الحناني - سوريا**

إشارة إلى رسالتك التي طلبت فيها الأعداد السابقة، نود إشعارك بأنه تم إرسال ما طلبت وقد تم وضع اسمك ضمن قائمة الإهداءات .

● **الأخ / عمار سوس - الجزائر**

بناء على طلبك، تم إضافة اسمك إلى قائمة الإهداءات شاكرين لك اهتمامك باقتناء المجلة.

● **الأخ / عبد الله الحازمي - مكة المكرمة**

وصلتنا رسالتك والتي تقترح فيها التطرق الى الكائنات البحرية في عدد مقبل، اقتراحك قيد الدراسة، وما طلبت من أعداد أرسلت لك.

● **الأخ / الوافي يونس - الجزائر**

نود إشعارك بإضافة اسمك إلى قائمة الإهداءات، شاكرين لك ثناءك على المجلة .

● **الأخ / صلاح الريحاوي - مكة المكرمة**

نود ان نشكرك على اهتمامك باقتناء المجلة، و لقد تم تغيير عنوانك حسب طلبك، أما عن « أهم الأبحاث حول الخرسانة الجاهزة » فيمكنك طلبها عن طريق الإدارة العامة للمعلومات **بمدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية** ، ص.ب : ٦٠٨٦ - الرياض ١١٤٤٢ .

● **الأخت / حنان محمد عكاشة - مصر**

يسرنا أن نرسل لك الأعداد الخاصة بالحاسب الآلي، ولا نعلم سبب عدم وصول الأعداد السابقة لك علما بأن اسمك مدرج بقائمة الإهداءات شاكرين لك اهتمامك باقتناء المجلة .

● **الأخ / عبد الله العمير - الإحساء**

نود ان نشكرك على اهتمامك بالمجلة أما رسائلك السابقة لم يصل أي منها لنا ، ولقد تم وضع إسمك في قائمة الإهداءات بناءاً على طلبك .

● **الأخ / عبد العزيز السنيدي - الرياض**

● **الأخ / أحمد حمزة - الجزائر**

● **الأخ / محمد الدبيسي - المدينة المنورة**

● **الأخ / حمدي نبيل - الجزائر**

نود أن نشكركم على ثناءكم وتهنئتكم للمجلة بإكمالها العام الخامس الذي حصل بمشاركة الإخوة القراء ودعمهم لنا، ولقد تم وضع إسمائكم في قائمة الإهداءات بناءاً على طلبكم.

● **الأخ / خالد لافي الرجبي - المدينة المنوره**

نود أن نشكرك على اهتمامك على الحصول على المجلة وقد تم ارسال الاعداد المطلوبه والمتوفرة لدينا وتم اعادة الشيك المرسل من قبلك حيث ان الاعداد ترسل مجاناً حيث لايوجد نظام اشتراكات حاليا .

● **الأخ / عمار العلوه - الاردن**

نود ان نشكرك على اهتمامك على الحصول على المجلة وقد تم ارسال الاعداد المطلوبه والمتوفرة لدينا وتم إضافة اسمك إلى قائمة الإهداءات .

● **الأخ / سلامه العرفج - عرعر**

نود ان نشكرك على اهتمامك على الحصول على المجلة وقد تم ارسال الاعداد المطلوبه والمتوفرة لدينا وتم إضافة اسمك إلى قائمة الإهداءات .



وكيل التوزيع : الشركة الوطنية الموحدة للتوزيع
ص.ب ٦١٤٦٦ ـ الرياض ١١٥٦٥
هاتف : ٤٧٨٢٠٠٠

ابع الشرق الاوسط
لفون ٤٠٢٧٦٢٣ . الرياض



مجلة العلوم والتقنية

تنقية المواد المشعة انظر (ص٥)